

## I.- INTRODUCCIÓN

Algunos antecedentes indican que, con el descubrimiento de América, Europa en el siglo XVI se enriqueció con un gran número de plantas de interés agrícola, entre ellas la papa, de esa forma paso a ser éste un cultivo de gran importancia.

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura caracteriza a la papa (*Solanum tuberosum L.*) en una planta herbácea anual que alcanza una altura de hasta un metro y produce un tubérculo denominado “papa”, este tubérculo en la actualidad es producido en casi todos los pueblos del mundo, ocupando el cuarto lugar en importancia a nivel mundial, después del arroz, maíz y el trigo convirtiéndose en un cultivo básico y esencial en la alimentación humana.

Zeballos et al. (2009) consideran que, en Bolivia, el cultivo de la papa ocupa el primer lugar entre los tubérculos cultivados con una superficie aproximada de 140000 ha. de cultivo e involucrando aproximadamente a 200000 agricultores en la producción, que representan entre el 30 a 40% del total en el país, crecen entre altitudes de a partir de los 320 hasta los 4000 msnm, teniendo un ciclo vegetativo de alrededor de 90 a 200 días, pero estos ciclos varían dependiendo de las variedades cultivadas, los mismos que se clasifican en precoces de 90 días, semitempranas entre 90 – 120 días, semitardías de 120 – 150 días y tardías de 150 – 200 días.

En el departamento de Tarija en los últimos años, la papa fue tomando mayor importancia tanto como por el incremento de la superficie cultivada, como por sus rendimientos conseguidos. En Tarija los rendimientos de papa por hectárea varían de acuerdo a la zona donde es cultivada, dicha producción se encuentra distribuida en diferentes zonas y épocas de siembra, como: La zona alta (Iscaiyachi), Cabeceras de Valle (Valles Altos del Río Pilaya, La Huerta), Valle Central (San Andrés, Yesera, Laderas), Zona Subandina (Entre Ríos, El Triángulo de Bermejo), y la llanura Chaqueña; cada una con características propias.

La semilla de papa es uno de los eslabones en la cadena de producción de este tubérculo, dado el valor nutritivo y la demanda de la población como un producto importante para todos los hogares. En América latina y varios países en el mundo las plantas cultivadas *in vitro*, los microtubérculos y minitubérculos constituyen la base para la producción de semilla original o pre-básica.

El empleo de semilla en el cultivo de la papa de material procedente del cultivo de tejidos permite iniciar la producción de tubérculos a partir de material sano, además favorece a una rápida multiplicación. La producción en invernaderos de papa o casas de cultivos se realiza con el propósito de obtener semilla libre de plagas y enfermedades y así estas puedan mostrar todo su potencial de producción en campo y lograr el establecimiento adecuado del cultivo y mayor productividad de los mismos.

En Bolivia existen más de 1000 variedades de papa nativa cultivada en las tres grandes regiones del país (Altiplano, Valles y Trópico), con diferentes nombres, colores de piel, colores de pulpa, sabores, formas, texturas y usos; asimismo con diferentes rendimientos, producción, tolerancias y susceptibilidades a enfermedades y plagas. Esta valiosa diversidad genética, en el futuro podría ser la fuente que permita coadyuvar a la erradicación del hambre en el mundo.

Las variedades de papa cultivadas en Bolivia, son el resultado de la introducción y selección de material foráneo adaptable a nuestras condiciones climáticas, así mismo, la fundación PROIMPA trabaja en la obtención de nuevas variedades ideales de papa con óptimas características culinarias, que sean resistentes a plagas, enfermedades y que tengan alto rendimiento, proporcionando al productor material genético de alta calidad que se pueda ser difundido (PROIMPA 2011).

Por tal razón, se debe considerar la búsqueda de una variedad nueva y adaptarla a nuestros diferentes pisos agroecológicos para ir del eslabón de producción de semilla de papa a la producción de papa y luego al consumidor final en nuestro departamento.

En el departamento de Tarija la papa se a constituido en los últimos años en uno de los cultivos de gran importancia, tanto por el incremento de la superficie cultivada como por sus rendimientos logrados; en ese sentido, San Andrés se considera como la principal zona productora de papa en el Valle Central de Tarija. Además, es un rubro de gran importancia para la alimentación básica de la población urbana y rural de nuestro departamento; por ello es imperioso el introducir nuevas variedades con el fin de mejorar los rendimientos para el beneficio directo de los agricultores.

### **1.1. Justificación**

Tomando en cuenta la importancia que tiene este cultivo en el departamento de Tarija, como un producto básico en la dieta de las poblaciones y fuente de ingresos económicos, se efectuó el estudio sobre el rendimiento de semilla prebásica de papa de las variedades Pinker, Pafrita y Desiré en el Centro Experimental de Chocloca (CECH) en camas protegidas bajo cubierta antiafidos, para crear material libre de plagas y enfermedades. Los datos obtenidos del presente estudio será un aporte sobre el manejo del cultivo dirigido a productores de la región, estudiantes y profesionales interesados.

### **1.2.- Objetivo general**

Evaluar el rendimiento de la producción de semilla prebásica de tres variedades de papa (*Solanum tuberosum* L.) Desirée, Pinker y Pafrita en el Centro Experimental de Chocloca.

#### **1.2.2. Objetivos específicos**

- Determinar las fases fenológicas de las variedades de papa Pinker, Pafrita y Desirée en ambiente de cultivo cubierto con tela antiáfidos.
- Comparar los atributos fenotípicos forma y color de los tubérculos de cada variedad.

- Determinar el rendimiento total de semilla prebásica de los tratamientos y comparar entre las tres variedades.

## II. MARCO TEÓRICO

### 2.1. Origen y distribución

El origen de la papa radica en los Andes Sudamericanos distribuyéndose a través de Perú, Colombia y Bolivia, Montes (1990). Según Spooner *et al.* (2005), la papa es originaria de la cordillera de los Andes, en el altiplano andino, y puede ser encontrada a los 4300 msnm a su vez sostiene que la papa es originaria del sur de Perú.

La papa llega a Europa en el siglo XVI por dos vías diferentes: una fue por las Islas Británicas entre 1588 y 1593 y otra fue por España en los años 1570, desde donde se expandió por toda Europa. Pero realmente el desarrollo de su cultivo comienza en el siglo XVIII, a partir de producciones marginales y su evolución va adquiriendo cierta importancia transcurridos los 200 años (Infoagro, 2003).

Para Molina *et al.* (2004), el centro de origen de la papa está ubicado entre Perú y Bolivia cerca del lago Titicaca, indicando que, en la llegada de los españoles a América este tubérculo formaba parte del alimento básico de las poblaciones andinas. Así mismo, Montaldo (1984), menciona que la papa es una planta originaria de América, aunque la historia de la papa puede trazarse en el centro de origen del lago Titicaca (Bolivia – Perú) y en el norte de Perú diez siglos atrás, la adaptabilidad de la papa a diversas condiciones de temperatura fotoperiodismo, suelos entre otros y de producir desde 80 a 90 días en adelante, hicieron que se haya estudiado, en especial fuera de América y que hoy aparezca junto al trigo y maíz.

La biodiversidad de la papa no está restringida a especies cultivadas, al contrario, están relacionadas con muchos grupos complejos de especies silvestres, de los cuales unas pocas originaron papas cultivadas, El hecho real es que la papa tiene más especies silvestres a fines que cualquier otro cultivo, por lo tanto, de las 235 especies de papa reconocidas, hay siete cultivadas y 228 silvestres (Lujan,1996; Ochoa, 2001).

## 2.2 Taxonomía de la papa (*Solanum tuberosum* L)

La Facultad de Ciencias Agronómicas y Forestales (F.C.A. y F.) de la U.A.J.M.S. de Tarija, clasifica a la papa de la siguiente manera:

Reino:	Vegetal.
Phylum:	Telemophytae.
División:	Tracheophytae.
Subdivisión:	Anthophyta.
Clase:	Angiosperma.
Subclase:	Dicotyledneae.
Grado Evolutivo:	Metachlamideae.
Orden:	Tetraciclicos.
Familia:	Solanaceae.
Nombre científico:	<i>Solanum tuberosum</i> L.
Nombre común:	Papa o Patata.

Fuente: (Herbario universitario, 2018).

## 2.3 Morfología de la papa

### 2.3.1 Planta

Egúzquiza (2000), menciona que la planta de papa es de naturaleza herbácea que consta de las siguientes partes principales; el brote, el tallo, la raíz, la flor, el fruto, semilla, estolones y tubérculos. Zaag (1976), redacta que es una planta dicotiledónea herbácea

anual, potencialmente perenne debido a su capacidad de reproducción por tubérculos. esta planta logra adaptarse a condiciones tropicales, llegando a ser cultivada desde los 450 hasta los 3000 msnm. (FONIAP, 1983).

### **2.3.2 Tallos**

Para Inostroza (2009), Los tallos de la planta de papa se clasifican en; aéreos que son los principales, estolones y los tubérculos. Las plantas provenientes de semilla tubérculo pueden producir varios tallos aéreos, herbáceos y erguidos resultados del desarrollo de las yemas que se encuentran en los ojos del tubérculo. Los tallos aéreos laterales son órganos que se ramifican a partir de los tallos principales, pueden producirse varios tallos como también yemas en el tubérculo y pueden alcanzar alturas desde los 50 cm y de 1 m en las variedades criollas. Las especies silvestres pueden alcanzar 3 m de longitud. El diámetro de los tallos oscila entre 5 a 25 mm, siendo estos de forma redondeada, triangular o cuadrangular, los colores varían desde verde claro hasta purpura dependiendo de la variedad.

### **2.3.3 Estolones**

Los estolones de la papa son tallos laterales que crecen horizontalmente por debajo del suelo a partir de yemas de la parte subterránea de los tallos. Estos son largos y comunes en las papas silvestres y cortos cuando se trata de mejoramiento de las mismas, los estolones pueden formar tubérculos mediante un agrandamiento en sus extremos terminales, sin embargo, no todos los estolones llegan a formar tubérculos, puesto que un estolón no cubierto con suelo puede desarrollarse un tallo vertical con follaje.

### **2.3.4 La raíz**

Inostroza (2009), escribe que las plantas de papa pueden desarrollarse a partir de una semilla o de un tubérculo, cuando crecen a partir de una semilla, forman una delicada

raíz axonomorfa con ramificaciones laterales, pero cuando crecen de tubérculos, primero forman raíces adventicias en la base de cada brote y luego encima de los nudos en la parte subterránea de cada tallo. En comparación de otros cultivos, la papa tiene un sistema radical débil, por lo cual necesita un suelo con buenas condiciones físico-químicas para el normal desarrollo. Según Egúsquiza (2000), La raíz es la estructura subterránea responsable de la absorción del agua, y se origina en los nudos de los tallos subterráneos y en conjunto forma un sistema fibroso, comparando con otras plantas cultivadas, las raíces de la papa son de menor profundidad, son débiles y se encuentran en las capas superficiales del suelo.

### **2.3.5 Tubérculos**

Los tubérculos de papa son tallos modificados y constituyen los principales órganos de almacenamiento de la planta de papa, este tallo modificado tiene dos extremos ligados al estolón, que se llama talón, y el extremo expuesto, denominado extremo apical o distal. Los ojos del tubérculo de papa corresponden a los nudos de los tallos, las cejas representan a las hojas y las yemas del ojo a las yemas axilares, las yemas del ojo pueden llegar a desarrollarse para formar un nuevo sistema de tallos principales, tallos laterales y estolones (Inostroza, 2009).

### **2.3.6 Hojas**

Según Inostroza (2009), las hojas están distribuidas en espiral sobre el tallos, normalmente, las hojas son compuestas, es decir, que tienen un raquis central y varios folíolos, cada raquis puede llevar varios pares de folíolos laterales primarios y un folíolo terminal, cada folíolo puede estar unido al raquis por el peciólulo (pequeño peciolo) puede estar unido directamente sin peciólulo, en la base de cada peciolo se encuentra dos hojuelas laterales llamadas seudoestípulas y desde el punto de inserción del peciolo pueden extenderse hacia abajo, las alas o costillas del tallo. Para Dean *et al.* (1977), las hojas adultas son pinnado-compuestas, mismas que están provistas de

pelos de diversos tipos, los cuales también se encuentran en las partes aéreas de la planta, las hojas que se originan en el tallo subterráneo son pequeñas en forma de escamas y de sus yemas axilares emergen los estolones.

Egúsquiza (2000), alude que la hoja es la estructura que sirve para captar y transformar la energía lumínica en energía alimenticia, los elementos de la son; foliolo secundario, raquis o peciolo, yemas, tallo, foliolos laterales, foliolo terminal. La superficie de las hojas es la fuente de energía que utiliza la planta de papa para el crecimiento, desarrollo y almacenamiento, por lo tanto, es importante mantenerla sana el tiempo más largo posible.

El Centro Internacional de la Papa (CIP, 1986), menciona que las hojas están distribuidas en espiral sobre el tallo. Normalmente las hojas son compuestas, que tienen un raquis central y varios foliolos entre las cuales se distinguen foliolos primarios y foliolos secundarios.

### **2.3.7 Flores**

Para Inostroza (2009), Egúsquiza (2000), las flores de la papa son bisexuales, y poseen las cuatro partes esenciales de una flor, cáliz, corola, estambres y pistilos, dichas flores se presentan en grupos que conforman la inflorescencia llamada cimosa, presentándose la flor al final de las ramificaciones. Según Hurtado (2002) y Molina *et al.* (2004), los sépalos comúnmente son de color blanco, amarillo, rojo y purpura, el color de las flores también es variable según la variedad y van desde un tono rosado, blanco, morado o una mezcla de dos colores.

## **2.4 Importancia del cultivo de papa**

Andrade *et al.* (2002), indica que la papa se consolidó en uno de los rubros más importantes ya que se constituye en una fuente de alimentación e ingresos para las

familias campesinas. Según Ramírez (2009), en la producción mundial de alimentos, la papa (315 millones de t) es solo superada por el maíz (872.39 millones de t), arroz (680 millones de t) y trigo (663 millones de t). Las papas son consumidas por más de mil millones de personas en todo el mundo, la mitad de las cuales viven en países en vías de desarrollo.

La papa da un excepcionalmente alto rendimiento y también produce energía y proteínas más comestibles por unidad de superficie y tiempo que muchos otros cultivos.

La importancia de la papa radica en que sus tubérculos son parte de la dieta de millones de personas a nivel mundial; contienen, en promedio, 80% de agua y la materia seca constituida por carbohidratos, proteínas, celulosa, minerales, vitaminas A, C y complejo B, proporcionan una dieta balanceada, además, son utilizados en la industria para la producción de almidón y comidas rápidas (Molina *et al.*, 2004). Según Estrada (2000), la papa es uno de los cultivos alimenticios más importantes difundidos a nivel mundial. En producción de proteína por unidad de tiempo y superficie, y en la obtención de energía, es superior al resto de los cultivos.

Para Ramírez (2009), en Bolivia actualmente, la papa se constituye en uno de los más importantes productos de la economía y alimentación. Su cultivo se extiende a más de 125000 ha. y una producción anual que oscila entre 700000 y 900000 t entre papa consumo y semilla. Después del autoconsumo, el almacenamiento de semilla y las pérdidas en post cosecha, los productores logran introducir al mercado nacional 450000 t de 25 variedades. INIAF (2010), revela que la producción nacional de semilla certificada de papa en superficie es del 1% al compararse con la producción de semilla de otros productos. Sin embargo, el volumen de papa producida es del 8%. Así mismo, indica que a partir del año 1990 comienza a difundirse la importancia de semilla sana y mejorada, promoviendo la demanda de semilla de papa. A pesar del aumento en el uso de semilla de calidad de papa, hasta el 2010 Bolivia llegó a producir 7557.78 t a nivel nacional.

### **2.4.1 Importancia de la producción de semilla de papa**

Para Roca y Mroginski (1991), la papa es el primer tubérculo que a sido objeto de amplios estudios en las zonas de cultivo, llegando a ser un producto seleccionado, mejorado y acondicionado a muchos ambientes; obteniéndose material de siembra de alta calidad para ser distribuido.

Según Adriel *et al.* (1989), señalan que la producción de semilla debe contener muchos atributos específicos que son de interés para el agricultor, tales como constitución genética de la variedad, germinación, vigor, ausencia de enfermedades, malezas, materia inerte y tener pureza varietal.

Así también, Trigo (1994) y Salas (1995); menciona que la producción de semilla de papa de calidad (genética, fisiológica y sanitaria), garantiza el verdadero potencial de las variedades comerciales y los clones avanzados del programa de mejoramiento genético.

El Programa de Investigación de la Papa (1997); citado por Lara (1999), reporta que la producción, distribución y el abastecimiento de tubérculos semilla de papa de alta calidad tiene importancia decisiva. Esto, debido al alto costo, perecibilidad, transmisión de plagas y patógenos, pérdida de calidad y sanidad en cada ciclo de cultivo y gran variabilidad genética, por lo que a la vez se exigen soluciones en base al asesoramiento técnico instituciones especialistas en esta área. Montalvo (1984), indica que, en regiones de temperaturas bajas, la transmisión de enfermedades virosas es escasa debido a la reducida población de los insectos vectores de virus.

### **2.4.2 Producción de semilla de papa en Bolivia**

INIAF (2010), indica que el departamento de Cochabamba es uno de los principales productores de semilla de papa de calidad con un promedio de 234829 t en los últimos

años; del mismo modo, el departamento de Potosí con una producción de 1367.57 t, y el departamento de Tarija con 671,03 t, estos departamentos se posesionan como los principales productores nacionales de semilla de papa.

Sin embargo, INIAF (2017), indica que Tarija ocupa el segundo lugar en Bolivia en hectáreas de superficie dedicadas a la producción de semilla certificada aproximadamente un 23% de la superficie total departamental, los últimos la producción de semilla de papa se a duplicado pasando de las 1000 t de papa el 2015 a 2000 t en el año 2017. Según información procesada en el INIAF, en Bolivia se utiliza solo 3% de semilla certificada de papa para la producción.

En ese sentido, se considera que una alternativa es a través de las técnicas de propagación *in vitro* que facilitan la producción masiva en un espacio reducido y en corto tiempo.

### **2.4.3 Certificación de semillas**

Las oficinas responsables de la certificación de semillas INIAF determina los cultivares específicos, señala normas de producción respecto al aislamiento, presencia de plantas fuera de tipo y calidad de semilla cosechada, efectuando inspecciones de los campos de producción para hacer cumplir las normas establecidas (INIAF, 2010).

#### **2.4.3.1 Norma específica para la certificación de semillas de papa**

Para Palacios (2002), en la Reunión del Comité Nacional Administrativo del Programa Nacional de Semillas (CNA-PNS) realizado en La Paz en agosto de 1999 se aprobaron normas para la producción de semilla de papa donde se deben tomar en cuenta, de una manera general, los siguientes aspectos importantes; zonas de producción, identificación de campos semilleros, sanidad de suelos y condiciones de los semilleros o semilleristas.

Según Salas (1995), menciona que uno de los cultivos con más requerimientos tecnológicos para la producción de semilla es la papa, porque está expuesto al ataque de numerosos organismos patógenos como hongos, bacterias y virus. Por ello, Kloss y Caero (1992), señalan que la producción de semilla prebásica es realizada por instituciones especializadas con requerimientos de alta experiencia y tecnología en su organización

## **2.5 Semilla tubérculo**

La semilla de categoría prebásica tiene como objetivo principal desarrollar un sistema de producción de semilla tubérculo de alta calidad genética y sanitaria, mediante la producción de tuberculillos en invernadero. A partir de esta semilla se inicia un flujo hacia otras categorías de semilla, que serán multiplicadas por productores semilleros para mantener la calidad de semilla por lo cual la oficina departamental del INIAF es la encargada de controlar la calidad de dicha semilla o (INIAF, 2010).

### **2.5.1 Producción de semilla prebásica de papa**

Salas (1995), denomina semilla prebasica a los primeros tubérculos obtenidos de las pequeñas plántulas *in vitro*. Daniels (1983), indica que un sistema de producción de semilla prebásica a partir de plántulas procedentes de material parental de origen comprobado y multiplicado *in vitro*. Así mismo, Salas (1995), menciona que el tubérculo semilla categoría prebásica se obtiene a partir del clon seleccionado, utilizando técnicas de cultivo *in vitro* y micropropagación, las cuales aceleran el proceso de producción y aseguran materiales libres de patógenos.

La calidad de semilla prebásica, incluye tanto el grado de sanidad como su estado fisiológico, por consiguiente, es necesario tomar todas las medidas posibles de protección durante la cosecha, la clasificación y el almacenamiento, con el fin de mantener al máximo el potencial de rendimiento de la semilla (Peña, 1999).

Para García, Cevallos, Estrella (1993), la producción de semilla prebásica de papa, se establece que existen alternativas o métodos de producción: continua y estacional. Las áreas con climas rigurosos y marcados obligan a emplear un sistema de producción estacional, es decir, uno o dos cultivos al año.

Según UC/PNS (2000), en la producción de semilla prebásica se debe cumplir los siguientes requisitos; las plántulas deben provenir de cultivos de tejidos libre de patógenos, contar con la infraestructura adecuada y personal capacitado, la producción de tubérculos deberá realizarse en invernaderos a prueba de áfidos y bajo condiciones controladas, contar con un sistema de desinfección del suelo, prestar total cooperación al personal de la Oficina Regional de Semillas y realizar pruebas para el control fitosanitario.

Para el Centro Nacional de Producción de Semilla de Papa de Honduras (CNPSP – H) (2013), la semilla prebásica es el material inicial en un programa de producción de semilla, que se obtienen a partir de vitroplántas.

Chávez y Ramírez (2013), indican que vitro plantas o plantas *in vitro* son plántulas que se obtienen mediante propagación en laboratorio bajo condiciones ideales desde la selección de materia libre de patógenos, se debe considerar el; lugar de origen, fenotipo, genotipo, estado fisiológico y saneamiento del material vegetativo

### **2.5.1.1 Categorización**

En Bolivia, la certificación de semilla considera las siguientes categorías: prebásica, básica, registrada, certificada y fiscalizada, La categoría básica comprende tres generaciones, la registrada dos generaciones, la certificada dos generaciones y la fiscalizada tres generaciones. de éstas la prebásica está orientadas exclusivamente al proceso de mejoramiento Producidas en volúmenes bajos, debido sobre todo al procedimiento técnico en el proceso (PNS, 2004).

### **2.5.1.2 Categoría genética**

Semilla producida bajo la responsabilidad y control directo del obtentor de la variedad, de acuerdo a las metodologías de mantenimiento de la variedad, descrita al momento de su registro. Es la categoría más alta del proceso de producción de semilla certificada.

### **2.5.1.3 Categoría pre-básica**

Semilla resultante de la multiplicación de semilla genética, esta categoría está destinada para semillas de aquellas que por su naturaleza requieren de una multiplicación vegetativa mediante el cultivo de tejidos, de acuerdo a la reglamentación específica (INIAF, 2010). Para SEPA (2015), esta semilla proviene de cultivos de tejidos, libre de endo y exopatógenos, producidas en invernadero a prueba de afidios.

### **2.5.1.4 Categoría básica**

Semilla producida bajo la responsabilidad y control directo del obtentor responsable del registro de la variedad, de acuerdo a la metodología de mantenimiento de la variedad descrita al momento de su registro. Para su identificación se otorga una etiqueta oficial de color blanco (INIAF, 2010). Para producir esta categoría se debe sembrar semillas de categorías prebásica o básica.

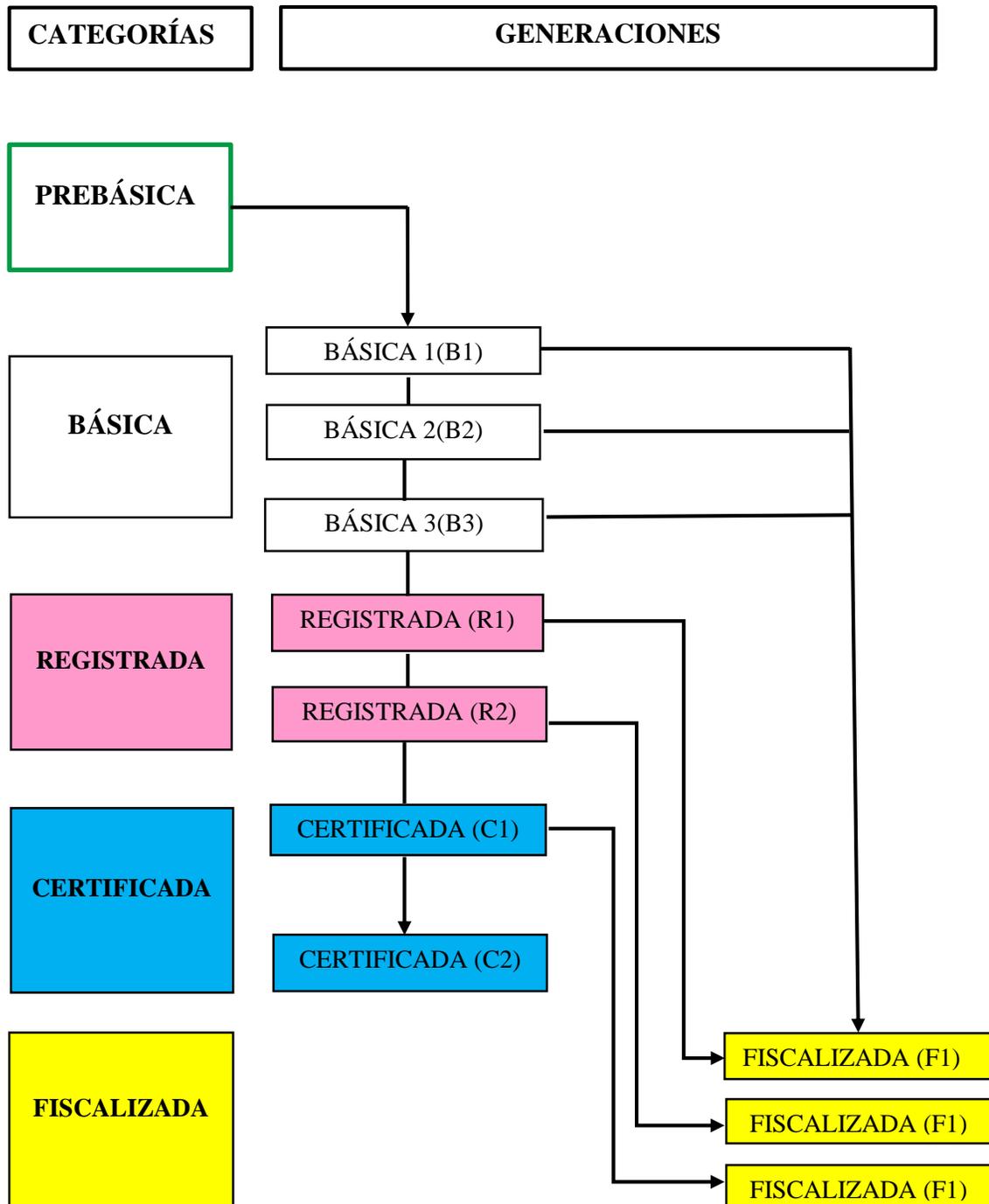
### **2.5.1.5 Categoría registrada**

Semilla resultante de la multiplicación de semilla básica se otorga una etiqueta oficial de color rosado.

### **2.5.1.6 Categoría certificada**

Semilla resultante de la multiplicación de semilla registrada. Se otorga una etiqueta oficial de color celeste.

### 2.5.1.7 Características de las categorías de la semilla de papa



Programa Nacional de semilla PNS (2000).

## 2.6 Cultivos protegidos

Los cultivos protegidos son tecnologías agrarias modernas y promisorias que permiten extender los calendarios de cosecha de las hortalizas tradicionales, y asegurar su suministro fresco para la población e inclusive en los periodos en que la oferta de la producción proviene del campo abierto que resulta en extremo limitada (Medero 2012).

Según Portillo (2010), invernadero es cualquier estructura cerrada cubierta por material transparente que sirve de protección a los diferentes cultivos, alternamente permeables a la luz solar que preserva a las plantas de los factores climatológicos adversos como; la alta irradiación solar, lluvias continuas, vientos, temperaturas bajas y altas, que permite el manejo del ambiente interno mediante climatización tecnificada de acuerdo a las necesidades de la planta, para tener un desarrollo y alta productividad.

### 2.6.1 Clasificación de tipos de protección

CORPOICA (2013), indica que los invernaderos pueden ser clasificados en: climatizados, semiclimatizados y no climatizados.

- **Climatizados**, son los que poseen todos los mecanismos electrónicos y mecánicos de accionamiento automático necesarios para el control de temperatura, humedad relativa, contenido de CO<sub>2</sub> y luz.
- **Semiclimatizados**, estas solo tienen equipos de climatización, aunque se acercan a obtener condiciones ideales de clima, pero no las alcanzan.
- **No climatizados**, generalmente denominadas cubiertas, solo incluyen la estructura y algún tipo de cobertura traslúcida, diseñadas con base a criterios técnicos, tales como conservación de energía, captación de luz y resistencia a los vientos.

## **2.6.2 Factores de producción bajo cubierta antiáfidos**

Para INIAF (2012) mencionado por Pimentel (2017), las plántulas obtenidas *in vitro* carecen de adaptaciones morfológicas que les permite el traspaso directo a las condiciones exteriores, estas deben ser trasplantadas manteniendo un control de la temperatura, humedad relativa e intensidad lumínica en una estructura cubierta con malla antiáfidos.

### **2.6.2.1 Generalidades**

Una estructura cubierta con malla antiáfidos es una herramienta que combate los virus y ayuda a evitar grandes pérdidas económicas, así mismo, sirven como barrera física contra insectos vectores (trips, escarabajos, mosca blanca y áfidos). La malla antiáfidos como cubierta es tejida de monofilamentos de polietileno de alta densidad color cristal para máximo aprovechamiento de luz y estabilidad de los rayos ultra violetas, a su vez, también otorga resistencia y durabilidad, que es recomendada para la propagación de plantas madre, viverismo, producción hortícola intensiva y floricultura (INIAF, 2012).

Según el INTA (2016), los invernaderos para la producción de semilla deben estar bien sellados, cubiertos con malla antiáfidos (50 x 40 de *mesh*, preferiblemente), la cual debe garantizar que no pasen los insectos muy pequeños. Deben tener doble puerta, agua potable y un techo que permita el paso de la luz necesaria para asegurar el buen desarrollo de las plantas.

### **2.6.2.2 Condiciones para el ingreso al invernadero**

INTA (2016), indica las siguientes normas para el ingreso a las instalaciones del invernadero.

- Entrar con los calzados limpios (introducirlos en un contenedor con cal viva).

- Usar un cubre cabeza adentro de la instalación.
- No llevar residuos provenientes del campo.
- Lavarse las manos en la doble entrada con abundante agua y jabón, más hipoclorito de calcio al 10% o de sodio al 5% de producto comercial.
- No rozar las plántulas, cuando se está en labores propias de las del predio.
- Usar guantes desechables para realizar las diversas labores culturales.
- Acceso restringido a personas ajenas al invernadero.
- No entrar y salir con frecuencia, para evitar el ingreso de plagas.

### **2.6.2.3 Aclimatación de plantas *in vitro* en invernadero**

Según Mendoza (2008) mencionado por Quispe (2009), el periodo de adaptación de las plántulas *in vitro* al nuevo hábitat es la fase o etapa de aclimatación, la aclimatación de vitroplantas en invernadero significa de *in vitro* a *ex vitro*, de condiciones heterótrofas a autótrofas, al respecto se debe tener los siguientes cuidados en la aclimatación.

- Destacar un alto nivel de higiene en el área de trasplante para reducir al mínimo los problemas infecciosos y de contaminación.
- Al extraer la plántula enraizada *in vitro* no dañar las raíces formadas particularmente si se quiere eliminar el agar adherido mediante lavados; este daño puede provocar infecciones posteriores al estar trasplantadas en el sustrato. Es recomendable inducir el enraizamiento fuera del frasco de cultivo, con hormonas enraizadoras.
- Durante la aclimatación las temperaturas deben procurar ser frescas (13-20°C).

- Un sustrato con material orgánico y una alta humedad relativa es una gran invitación para que los microbios invadan a las plántulas y al suelo.
- Para prevenir infecciones fungosas puede mezclarse enraizador con fungicida, también puede aplicarse fertilizantes foliares muy diluidos (2 g./l.) mediante el sistema de nebulización.

### **2.6.3 Sistema convencional de producción de semilla prebásica**

El sistema convencional se refiere a la forma de producir semilla prebásica de papa multiplicando material limpio en invernaderos usando sustrato esterilizado en camas de madera (CIP,2008).

### **2.7 Sustrato o suelos artificiales**

Llamamos sustratos a los suelos artificiales preparados, que se utilizan para el cultivo de diversas plantas; especialmente en maceteros, las ornamentales, cultivadas en invernadero. Además de servir de soporte y anclaje de la planta, los sustratos o suelos artificiales deben suministrar a la planta las cantidades adecuadas de aire, agua y nutrientes minerales. (Lorente, 1997; citado por Castellón 2000).

El mismo autor menciona que si las proporciones de estos componentes no son las adecuadas, el crecimiento de la planta puede verse afectado y originar diversos problemas, entre los cuales: asfixia, deshidratación, exceso o carencia de nutrientes minerales y enfermedades.

Para Fauba (2006), sustrato es un medio sólido inerte que cumple dos funciones esenciales; anclar y aferrar las raíces protegiéndolas de la luz y permitiéndoles respirar y contener el agua y los nutrientes que las plantas necesitan. Los sustratos pueden clasificarse según su tipo de compuesto, en inorgánicos y sustratos orgánicos.

Los sustratos más empleados comúnmente: son arena, grava, ladrillos quebrados o molidos, perlita, vermiculita, turba vegetal, aserrín, resinas sintéticas, cascarilla de arroz, carbón vegetal, etc. (Grupo Latino 2006).

### **2.7.1 Características físicas de los sustratos**

Para Ecke *et al.* (1990) citado por Castellón (2000), existen dos características importantes que un sustrato debe tener: una estructura física favorable y estar libre de contaminantes o materiales tóxicos. El sustrato es el soporte de la planta donde se desarrollan las raíces para su crecimiento, la función del sustrato es la de producir a la planta un medio de sostén, retener la humedad y solución nutritiva de la planta, dándole oxigenación, protegiendo a la raíz de la luz (Sánchez 2004).

### **2.7.2 Características químicas del sustrato**

El pH de los sustratos de crecimiento es muy importante para la disponibilidad de alimentos para la planta. El grado óptimo de pH esta entre 5.8 – 6.2, en este rango todos los elementos esenciales están disponibles para la planta y el crecimiento debe ser normal o libre de deficiencias (Ecke *et al.*, 1990; citado por Castellón, 2000),

Según Darías (1993) mencionado por Plaza (2002), el sustrato debe ser un medio uniforme en el cual la planta crezca adecuadamente, tenga pH requerido y con suficiente porosidad, para permitir el drenaje y aireación adecuada.

### **2.7.3 Elección del material para preparar los sustratos**

Para el Grupo Latino (2006), la elección de un material u otro está determinado por varios factores: la disponibilidad del mismo, la finalidad de la producción, su costo, las propiedades físico – químicas y las experiencias previas en su utilización. Castellón (2000) y Jiménez (1999); citado por Plaza (2002), indica que un sustrato debe cumplir

las siguientes características para ser empleados en la preparación de mezclas:

- Ser inerte química y biológicamente.
- No contener elementos tóxicos o microorganismos patógenos para las vitroplantas.
- Tener un tamaño uniforme.
- Que posea una buena capacidad de retención de humedad, buena aireación.
- Mojabilidad, si se seca el sustrato debe ser capaz de volverse a mojar con facilidad.
- Debe tener una uniformidad química y física del medio.
- Tener estabilidad cuando es expuesto a tratamientos tanto químicos como térmicos.
- Estabilidad física, dirigida a evitar la compactación.
- Acidez, el pH óptimo debe estar situado entre 5.6 y 6.5.
- Peso adecuado para tener buena porosidad.
- Drenaje, por lo menos el 20% de espacio poroso.
- Sanidad, desinfección previa de los materiales.
- Capacidad de retención de nutrientes, CIC debe estar 15 y 50 meq. /100 cm.
- Debe ser de bajo costo.

### **2.7.3.1 Cascarilla de arroz**

Es un sustrato orgánico inerte, antes de sembrar o trasplantar sobre ella, es necesario lavarla o dejarla fermentando bien humedecida durante 8-20 días según el clima de la región. Con esto se eliminan semillas de arroz y de malezas que podrán germinar cuando ya se haya establecido el cultivo. Además, con el lavado se eliminan almidón procedente de los granos de arroz, que al fermentarse puede afectar la asimilación de los nutrientes o quemar raíces (FAO, 2003). Marulanda (1997); citado por Plaza (2002), señala que la cascarilla de arroz tiene las siguientes características, ventajas y propiedades físico químicas:

- Posee baja tasa de descomposición.
- Es liviana e inerte.
- No tiene la humedad, provee alta aireación, así como buen drenaje.
- Su densidad está entre 0.12 a 0.13 g/ml.
- Su capacidad de intercambio catiónico es de 2 a 4 meq. /100 ml.
- La capacidad de retención de humedad es del 11%.
- El mismo autor, afirma que este tipo de sustrato, es ideal para huertas hidropónicas y otro tipo de cultivo.

#### **2.7.3.2 Turba**

La turba es la acumulación de materia orgánica cuando la tasa de acumulación supera a la tasa de mineralización, debido a que se forma en condiciones no favorables a la biodegradación en medios anaerobios, es decir, sin formaciones sedimentarias con exceso de humedad y deficiente oxigenación, como consecuencia de estas condiciones la materia orgánica solo se a descompuesto parcialmente (Pimentel, 2017).

Las características más importantes de la turba son:

- Elevada capacidad de intercambio catiónico.
- El pH en la turba se encuentra entre los rangos 7.5 – 8.
- Espacios porosos elevados que permite una buena circulación de aire y facilidad de extracción de agua.

#### **2.7.3.3 Limo**

El limo es una tierra vegetal con mucha M.O., como componente del suelo es producto de los depósitos sedimentarios resultante de las glaciaciones. El tamaño de las

partículas de los suelos limosos varía entre los 0.002 y 0.05 mm. El limo posee una granulometría comprendida entre la arena fina y la arcilla, su formación. Su formación es de sedimentos transportados en suspensión por las corrientes de agua, como: de ríos y arroyos o por efecto del viento. Los suelos limosos disponen de muchos nutrientes, tienen un drenaje aceptable y es considerado uno de los suelos más fértiles.

#### **2.7.3.4 Bokashi**

Según Ortega (2012), el bokashi es un abono orgánico que se produce en un tiempo más corto que el compost. El cual, es elaborado en un proceso aeróbico o por fermentación, es ideal para los semilleros, puesto, que se puede mezclar tierra cernida con carbón, vegetal pulverizado y abono bokashi, en proporción de 60-90% de tierra y 40-10% de bokashi, dependiendo de la planta, el abono bokashi presenta las siguientes ventajas:

- Mantiene un mayor contenido energético de la masa orgánica pues al no alcanzar temperaturas tan elevadas hay menos pérdida por volatilización.
- Suministra órgano compuestos (vitaminas, aminoácidos, ácido orgánico, enzimas y sustancias antioxidantes) directamente a la planta.
- Activa los micro y macro organismos benéficos durante el proceso de fermentación.
- Ayuda a la formación de los agregados del suelo.
- Desactiva agentes patogénicos perjudiciales en los cultivos.

### **2.8 Practicas agronómicas del cultivo bajo cubierta antiáfidos**

#### **2.8.1 Aporque**

Esta labor se realiza cuando las plantas tienen entre 15 y 20 cm, la finalidad de esta operación es facilitar el desarrollo y reagrupamiento de los tubérculos y evitar su verdeamiento,

Según FONAIAP (1989), el aporque se realiza a medida que las plantas lo requieren. Su función primordial es darle mayor anclaje a la planta, proteger a los tubérculos de la radiación solar y evitar el ataque de patógenos.

Para Salaues *et al.* (1998), los aporques se realizan a medida que las plantas se desarrollan, pudiendo efectuarse dos o tres hasta el llenado de la cama; sin embargo, por razones económicas se vio la posibilidad de simplificar los procesos y reducir los volúmenes de sustrato previo estudio de su efecto sobre el rendimiento, la reducción del número de aporques incrementó el número de tubérculos por metro cuadrado.

### **2.8.2 Control fitosanitario**

Salaues *et al.* (1998), indica que se realizan dos tipos de control: virosis y patógenos del follaje y suelo. Para tener certeza de ausencia de virus se realiza controles cada tres semanas en invernaderos por medio del test de ELISA (Enzyme Linked Immuno sorbedt Assay) para los siguientes virus: PVX, PVY, PVS, APMV y APLV. Se aplica Monceren al transplante y en el aporque para asegurar el control de *Spongospora*, *Sinchytrium* y *Rhizoctonia* en las camas del cultivo.

Se emplean fungicidas preventivos para las tres enfermedades más frecuentes en época lluviosa: *Alternaria*, *Erishiphe* y *Phytophthora* además en caso de ser necesario se aplican insecticidas.

### **2.8.3 Riego**

En los primeros días del transplante se mantiene la humead de las camas con un fino roció de agua que se aplica hasta tres veces diarias (Salaues *et al.*, 1998).

Deben realizarse riegos frecuentes al inicio de la germinación, verificando que se logre alcanzar una adecuada profundidad de mojado. El mejor indicativo de necesidad de riego es la planta (FONAIAP, 1995).

### **2.8.4 Fertilización**

Barreira (1978), indica que una buena fertilización de suelos está compuesta por un conjunto de propiedades químicas, físicas y biológicas influidas por factores del ambiente. Para Horton (1987), el nitrógeno estimula el crecimiento del follaje, pero retrasa la formación de tubérculos. De ahí que un cultivo con un buen nivel de nitrógeno madura más tarde, pero con más rendimiento que un cultivo con menos cantidad. Una aplicación de fósforo contribuye a un buen desarrollo del cultivo y tuberización.

A la vez señala que un incremento de potasio tiene menos efecto sobre el rendimiento que una adición de nitrógeno y fósforo.

Villagarcía (1987), menciona que las variaciones de la cantidad extraída de nutrientes minerales por la papa dependen de la riqueza natural del sustrato, de la fertilización practicada y de la variedad.

### **2.8.5 Defoliación**

Villarreal (1988), indica que la defoliación se debe realizar por la susceptibilidad de las plantas viejas a las enfermedades, el momento oportuno es cuando la mayor parte de los tubérculos alcanzan un tamaño de 35 a 55 mm. de diámetro.

UPS-SEPA (1994), indica que la defoliación consiste en la eliminación de la vegetación aérea, cuyo objetivo es de evitar un ataque tardío de enfermedades y obtención de una mayor proporción de tubérculos tamaño semilla.

## **2.9 Plagas y enfermedades**

### **2.9.1 Plagas**

Según Calderón (1998), Gandarillas y Ortuño (2009), las principales plagas que se encuentran en el cultivo de papa en Bolivia son:

- **Cigarrita marrón** (*Russelliana solanicola*) es un psilido de la papa, este insecto ocasiona daños al follaje del cultivo de la papa, tomate y otras solanáceas, en especial en las zonas de clima templado a caliente. Se le reportado en los valles mesotérmicos de Cochabamba y Santa Cruz. Las ninfas al succionar la savia provocan el debilitamiento general de la planta, con la consiguiente reducción del rendimiento, ocasiona la formación de tubérculos pequeños de menor valor.

La planta con presencia de este insecto presenta sistemas de crecimiento reducido, pérdida de coloración del follaje, el tamaño de la cigarrita adulto es de 2 a 5 mm de largo, sus movimientos son rápidos y combinados entre saltos y vuelos, pero son incapaces de realizar vuelos sostenidos.

- **Cigarrita verde** (*Empoasca spp*) es una plaga que se encuentra con frecuencia en los valles interandinos y zonas bajas del país y es considerado como plaga secundaria en Bolivia. Generalmente se les ve en las hojas, se alimentan introduciendo su estilete y chupando la savia de las plantas, en este proceso inyecta toxinas y por consecuencia se produce el quemado de los bordes de las hojas con enrollamiento hacia abajo, la ninfa y adultos viven en la cara inferior de las hojas, picando y chupando la savia de la planta, su ciclo de vida es de 30 días.
- **Gallina ciega** (*Anomala inconstans*) o también comúnmente denominado “Lacato”, es una plaga que se presenta prácticamente en todas las zonas productoras de papa del país y es considerada como ocasional. Las larvas se alimentan principalmente de las partes subterráneas de la planta causando disminución del crecimiento, marchitamiento o quiebre de las plantas, también se alimenta de los tuberculo provocando cavidades grandes que reducen su valor comercial, estos insectos son polípagos. La larva es de color blanco brillante, está cubierta de vellosidades y tiene la cabeza color café, se mueve en forma pausada y pesada, posee mandíbulas fuertes bastante desarrolladas como para trozar tubérculos, raíces y tallos, la gallina ciega alcanza dimensiones de hasta 40 mm.

- **Gorgojo Rhigopsidius** (*Rhigopsidius piercei*) o también conocido como cascarudo y gusano blanco, esta especie de gorgojo se presenta con mayor incidencia en la región andina y los valles interandinos de Chuquisaca, Potosí y Tarija, y en menor grado en Cochabamba y La Paz, los mayores daños ocurren en los cultivos a secano y cuando las sequias son prologadas. Los primeros síntomas se observan en las hojas tiernas y superiores, por la alimentación de los adultos, durante el periodo de tuberización las larvas ingresan a los tubérculos, dañando el tejido formando galerías. Esta especie completa su ciclo biológico en el tubérculo a consecuencia existe una mayor diseminación mediante los tubérculos semilla.
  
- **Gusanos cortadores** (*Acrotis spp*) los gusanos cortadores corresponden a larvas de varias especies de noctuidos o polillas nocturnas. El principal daño que provocan en la papa ocurre cuando cortan los tallos tiernos de las plantas recién emergidas, también pueden alimentarse de tuberculoso superficiales y de las hojas. Esta plaga se presenta con mayor intensidad en los años secos, pudiendo causar pérdidas significativas cuando el ataque es en la emergencia del cultivo ocasionando marchitamiento, amarillamiento y finalmente la muerte de la planta.

Las pupas de este insecto son robustas, de forma cónica y color bronce lustroso, generalmente se lo encuentra en el suelo o debajo de las piedras para posteriormente emerger como adulto, que son mariposas de comportamiento nocturno.

- **Mosca blanca** (*Trialeurodes vaporarioru*) esta mosquita blanca, es una de las plagas más importantes a nivel mundial, por su amplia distribución geográfica y su amplio rango de hospedantes cultivados y silvestres. Este insecto ocasiona daños al follaje del cultivo de la papa, especialmente en zonas de clima templado a caliente, donde se adapta con gran facilidad.

El principal daño que ocasiona es el desarrollo reducido del follaje y el debilitamiento general de la planta, a causa de las ninfas y adultos que succionan la savia del floema, esto da lugar a la formación de grandes cantidades de tubérculos

pequeños. El ataque de esta plaga se puede observar fácilmente, los adultos revolotean por el cultivo o están asentados en las hojas nuevas en la parte del envés. Tiene un tamaño de 1 mm., su cuerpo es de color amarillo limón, las alas son transparentes y están cubiertas por un polvillo blanco.

- **Polilla de la papa** (*Symmetrischema tangolias*) es una de las plagas que más daño ocasiona al tubérculo en periodo de almacenamiento, ésta polilla está presente en las zonas paperas de los departamentos de Cochabamba, Potosí, Chuquisaca, Tarija, La Paz y Santa Cruz.

Las larvas de la polilla ocasionan dos tipos de daños, uno al follaje y otro al tubérculo, en el primer caso, éstas penetran en la hoja y se alimentan del parénquima dejando tejido muerto. en los tubérculos el daño se inicia por los ojos, donde la larva provoca galerías irregulares de poca profundidad. La plaga tiene un ciclo de 35 a 54 días, pero se puede repetir ocho veces al año, el tiempo que tarda en eclosionar el huevo es de cinco días.

- **Trips** (*Frankliniella spp*) estos son insectos muy pequeños, tienen una amplia gama de hospedantes, pudiendo afectar diferentes cultivos hortícolas, esta plaga se encuentra distribuida en todas las zonas paperas del país, donde las condiciones de sequedad favorezcan su proliferación. Las larvas adulto provocan daños superficiales chupando el líquido celular en el envés, lo que da como resultado hojas con manchas blancas oscuras y brillo metálico, cuando el ataque es muy fuerte, las plantas tomar un aspecto de brillo plateado en el envés de las hojas, es un insecto con capacidad de realizar vuelos cortos, tienen una longitud de 1 a 2 mm.
- **Rosario de la papa** (*Nacobbus aberrans*), este nematodo en Bolivia, ha sido ampliamente estudiado por PROINPA. *Nacobbus a.*, conocido como rosario de la papa y está presente en el 80% de las zonas paperas de Bolivia, ocasionando

pérdidas de hasta un 88%. Los síntomas que presenta la papa son nódulos en las raíces que van aumentando conforme se desarrolla la planta llegando a formar entre 100 a 200 nódulos por planta, se observa que la planta tiene un pobre crecimiento.

### 2.9.2 Enfermedades

INIAP – CIP (2002) y Calderón (1998), mencionan que la papa es susceptible a muchas enfermedades. Adiferencia de lo que sucede con las malezas y la mayoría de los insectos que compiten con la planta o le causan daño directo, las enfermedades resultan de la disrupción de los procesos fisiológicos de la planta, cuya manifestación se denomina *síntoma*.

- **Tizón tardío.** Agente causal: *Phytophthora infestans* El tizón tardío es sin duda la enfermedad que más afecta al cultivo de papa en el país y, por consiguiente, la de mayor riesgo. Esta enfermedad se presenta entre los 2800 y los 3400 msnm. En condiciones favorables al tizón, un cultivo sin protección puede ser destruido en una semana o menos. Es por eso que tiene mayor peso en el costo de protección. Muchas especies silvestres y cultivadas son hospederos del patógeno, aunque al parecer se trata de taxones diferentes del hongo o formas fisiológicamente especializadas.

Las condiciones climáticas, en particular temperaturas moderadas entre 12 a 18° C, alta humedad imperante en la época de temporal, niebla y lluvias matinales y sol intenso por las tardes, así como la siembra escalonada de papa durante todo el año, son propicias para el desarrollo de esta enfermedad.

La infección por *Phytophthora infestans* se manifiesta en pequeñas manchas pálidas o verde oscuras de forma irregular que se expanden rápidamente, formando grandes lesiones necróticas de color café oscuro. La lesión puede matar el foliolo y extenderse a través de los pecíolos hacia el tallo. Las infecciones del tallo son las

más graves porque pueden acabar rápidamente con la planta.

- **Tizón temprano.** El tizón temprano causado por *Alternaria solani* en zonas templadas aparece en estados del cultivo juveniles o tiernos, por eso se llama tizón temprano, la enfermedad ocurre en cualquier estado de desarrollo del cultivo. Su distribución es general, y sus ataques son frecuentes, aunque a menudo poco severo. La *Alternaria* ataca a varios cultivos parientes de la papa, en particular al tomate.

El tizón temprano causa manchas necróticas con ángulos pronunciados y limitados por las nervaduras. En el interior de la mancha se desarrolla una serie de anillos concéntricos. Las lesiones ocurren primero en las hojas inferiores y crecen a medida que avanza la madurez.

Cuando hay condiciones para un buen desarrollo, las lesiones crecen, se juntan y las hojas mueren. En tubérculos infectados con *Alternaria* se desarrolla una pudrición seca de color café oscuro.

- **Roya. Agente causal:** *Puccinia pittieriana* P. Henn. La roya es una enfermedad común en terrenos altos, raramente alcanza niveles alarmantes en la papa, excepto en condiciones muy marginales, especialmente desde el periodo de floración. Este hongo puede afectar a muchas especies del género *Solanum*.

La infección ocurre en hojas, tallos y pecíolos tras el periodo de latencia, las lesiones se desarrollan en el envés de la hoja en forma de manchas redondas que van del blanco al verde. Más tarde aparecen pústulas ovaladas o redondas de color café rojizo que pueden alcanzar más de 0.5 cm. de diámetro.

La formación masiva de las pústulas confiere al follaje un aspecto rojizo, tal como ocurre con la roya de los cereales. El aire transporta las esporas maduras. El tejido afectado muere dejando un orificio en su lugar.

- **Carbón.** Agente causal: *Thecaphora solani*. Las papas afectadas por carbón no son comestibles, y pierden su valor comercial. Se sabe que el patógeno es más activo en suelos fríos y altos y puede sobrevivir por muchos años en el suelo. Es imprescindible determinar con precisión en qué zonas se encuentran los suelos infestados para cuarentenarlos, a fin de evitar la diseminación de papas contaminadas. No se ha investigado su importancia epidemiológica en zonas endémicas. Para ello, no se debe usar ni comercializar tubérculos provenientes de suelos contaminados.

En los tubérculos, tallos y estolones se desarrollan protuberancias, al interior de las cuales se encuentran esporas que varían de color entre café al negro. También pueden formarse pústulas superficiales en los tubérculos. Sin embargo, en plantas afectadas es común la presencia de tubérculos de apariencia normal. Durante la última fase de cultivo las protuberancias en los órganos afectados degeneran y liberan una masa de esporas.

- **Pudrición seca.** Agente causal: *Fusarium solani* var. *Coeruleum*, *F. sulphureum*. Las especies de *Fusarium* causantes de la pudrición seca son parásitos típicos en heridas causadas por la manipulación durante la cosecha, el transporte, la clasificación y la siembra. Las lesiones causadas por otros patógenos y nematodos sirven de puerta de entrada al patógeno.

La pudrición seca se expresa en los tubérculos durante el periodo de dormancia, y es causa de importantes problemas en el almacenamiento. La susceptibilidad de los tubérculos aumenta a medida que transcurre el periodo de almacenamiento. La enfermedad produce zonas oscuras y levemente hundidas que se extienden superficialmente, formando anillos concéntricos y con el borde de la lesión bien definido al interior. Según la especie de *Fusarium*, se desarrollan masas de micelio y esporas coloreadas a partir del centro de la lesión. En etapas avanzadas, las lesiones se momifican y el tubérculo se endurece.

- **Marchitez.** Agente causal: *Fusarium spp.* La marchitez causada por *Fusarium spp.* se encuentran comúnmente en el suelo, siendo la más frecuente *Fusarium oxysporum*. Asociadas a la necrosis radicular aparecen *F. solani*, *F. equisetum*, *F. graminearum* y otras especies relacionadas con las gramíneas. La marchitez por *Fusarium* se caracteriza por el amarillamiento precoz de las hojas inferiores, retraso en el crecimiento, moteado de las hojas superiores y, en casos extremos, muerte por desecación. La decoloración se expresa particularmente en los haces vasculares de tallos y tubérculos, y se expresa una necrosis.
- **Pudrición acuosa.** Agente causal: *Pythium spp.* La pudrición acuosa se expresa típicamente al nivel de los tubérculos. Puede involucrar varias especies de *Pythium*, siendo la más frecuente *Pythium ultimum*. La enfermedad no es muy conocida en el país. Sin embargo, en recientes prospecciones sanitarias aparecieron frecuentemente especies de *Pythium* en tubérculos enfermos.

El hongo entra al tubérculo por daño mecánico durante la cosecha, sobre todo en momentos de altas temperaturas. Cuando al momento de la cosecha el tubérculo no tiene una piel firme, aumentan los riesgos de infección. No se conocen diferencias en cuanto a la resistencia genética ni productos para su control. La infección inicial se caracteriza por una decoloración ligera de la piel y la carne del tubérculo. Más tarde el tejido se pudre, adquiriendo una consistencia acuosa.

## 2.10 Cosecha y Rendimiento

### 2.10.1 Cosecha

Para Casseres (1984), la cosecha puede hacerse cuando; el cultivo alcanza la madurez fisiológica, este estado se da cuando las plantas se tornan amarillas y flácidas. Montes (1990), menciona que la labor de cosecha se realiza arrancando o cortando el follaje, con el objeto de acelerar la maduración y permitir la suberización, la epidermis debe

estar totalmente adherida al cuerpo del tubérculo, de lo contrario el producto se deteriora.

Tapia y Fries (2007) indican que, para comprobar la madurez del tubérculo, se frota uno de ellos con los dedos, si la piel no se separa fácilmente quiere decir que están maduros y listos para cosechar, la cosecha a mano es muy laboriosa y requiere además un proceso posterior de la clasificación.

### **2.10.1 Número de tubérculos**

Wirsema (1987), indica que el número de tubérculos producidos depende de la competencia entre los tallos por los factores de crecimiento como nutrientes agua y luz. La competencia es menor cuando la densidad de tallos es baja, lo cual conduce a un tamaño mayor de tubérculos, pero también a un número menor de tubérculos por unidad de área. Por otro lado, cuando aumenta la densidad de tallos, disminuye el tamaño de tubérculos por unidad de área.

Según Midmore (1988), el número de tubérculos por planta y la tasa de crecimiento del tubérculo disminuye a temperaturas altas, debido a los efectos directos de la temperatura sobre la fotosíntesis, la respiración y tasa de conversión de azúcares almidón, dentro del tubérculo.

Para Bryan *et al.*, (1981), el rendimiento promedio de una planta es de 500 g. de tubérculos normales proviene de un esqueje enraizado y trasplantado al campo. Aguilera (1995), en su ensayo realizado en camas protegidas de la Estación de Toralapa, encontró rendimientos de 3.1 - 3.9 kg. /m<sup>2</sup>. con plantas provenientes de brotes de la variedad Imilla Negra.

Canaviri (1995), en la misma Estación encontró rendimientos de 5.1kg. /m<sup>2</sup>. en ensayos con la variedad Runa Toralapa, en el sistema de camas protegidas a partir de brotes.

Buitrago (1995), menciona rendimientos de 3.67 kg. /m<sup>2</sup>. en ensayos con la variedad Revolución de plantas provenientes de brotes, Cardozo (1995), menciona rendimientos de 5.89 y 2 kg. /m<sup>2</sup>. para la Revolución y Americana. Para Ayala (1999), las plantas *in vitro* de la variedad Imilla negra reportaron un numero de 142.33 tubérculos/m<sup>2</sup>, Revolución 129,67 tubérculos/m<sup>2</sup>. y Americana 0,36 tubérculos/m<sup>2</sup>. con una menor producción de tubérculos.

### **2.10.2 Tamaño del tubérculo**

Para Wirsema (1987), los factores de crecimiento también afectan al tamaño de los tubérculos que están limitados cuando la competencia entre tallos es alta. Los tubérculos producidos con densidades altas de tallos serán más pequeños que los producidos con densidades bajas de tallos.

Según Dodds (1986), el rendimiento y el tamaño de los tubérculos por m<sup>2</sup>. dependen del genotipo y de la densidad de siembra, así mismo, indica que los tubérculos se separan según el peso del tubérculo semilla de 1g, 1-5g., 5-10g., 10-20g., y más de 40g., los tubérculos de cinco gramos, y los más pesados, pueden ser sembrados en el campo para una mayor multiplicación. Aquellos de menos de cinco gramos pueden ser sembrados en los almacigos, a una mayor densidad, para producir tubérculos de semilla prebásica.

### **III. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1. Localización**

El trabajo de investigación se realizó en la primera sección de la Provincia Avilés del Departamento de Tarija. Geográficamente se encuentra en las coordenadas 21°25' de latitud Sur y 64°23' de longitud Oeste, a una altura de 1850 m.s.n.m.

##### **3.1.1 Ubicación**

El ensayo de campo se llevó a cabo en el invernadero (estructura cubierta con malla antiáfidos) del “Programa de producción de semilla de papa, perteneciente a la Universidad Autónoma “Juan Misael Saracho” en el Centro Experimental de Chocloca (C.E.CH.) dependiente de la Facultad de Ciencias Agrícolas y Forestales.

El Centro Experimental de Chocloca dispone de una superficie de 25.8 ha., aproximadamente a 45 km. al sur de la ciudad capital del departamento de Tarija. Geográficamente la comunidad de Chocloca se encuentra en las coordenadas 21° 45” de latitud Sur y 64° 44” de longitud oeste, a una altura de 1800 msnm. Colinda en el margen izquierdo y parte baja de la cuenca del río Camacho y sub cuenca de la quebrada Huayco. Se comunica con la ciudad de Tarija, a través de la carretera Tarija –Chaguaya (Anexo 1).

#### **3.2. Características edafoclimáticas**

El clima que presenta la zona de estudio es catalogado como templado semiárido, con temperaturas máximas y mínimas extremas que llegan a 37°C. y -7°C respectivamente, siendo la media anual de 18.7°C; la precipitación pluvial es de 650 mm. al año y la humedad relativa de 70 a 80%, (SENAMHI, 20015).

Respecto a las características edáficas, los suelos que presentan la comunidad de Chocloca son de origen aluvial y fluvio – lacustre, generalmente profundos de textura media a fina. En cambio, los suelos de la zona de las colinas son de origen solo fluvio – lacustre mismos que tienen profundidades variables y de texturas finas a texturas medias con contenidos de grava susceptibles a procesos de erosión.

### **3.3. Materiales**

Los materiales y herramientas que se utilizaron para este trabajo de investigación fueron los siguientes:

#### **3.3.1 De campo y escritorio**

En los materiales de campo se incluyen los equipos, herramientas, insumos y los de gabinete que se utilizaron en el establecimiento y manejo del ensayo y redacción del documento.

- Equipo de computación.
- Material de escritorio.
- Material bibliográfico.
- Estructura antiáfidos.
- Pala.
- Carretilla.
- Manguera.
- Rastrillo.
- Balanza.
- Mallas semisombra 50%.
- Malla milimétrica plástica de color verde.
- Camas de tuberización.
- Mochila pulverizadora de 20 l.

- Letreros.
- Cámara fotográfica.
- Barbijo.
- Guantes de goma.
- Flexómetro.
- Regla.
- Regadera.
- Vernier.
- Sustrato (cascarilla de arroz entreverado con turba, limo y vokashi).
- Agroquímicos.
  - **Coraza.**
  - **Mancolaxil 72 WP.**
  - **Ridomil.**
  - **Superfolpan.**
  - **Cimox.**
  - **Akinon.**
  - **Spartaco 500 PS.**
- Estimulantes.
  - **Nutrimax Plus.**
  - **Nitrofosco Foliar Arranque.**
  - **Megaroot.**
  - **STIM-ROOT.**

### **3.3.2 Material vegetal**

En el trabajo de investigación se utilizó plántulas propagadas *in vitro* de las variedades Desirée, Pafrita y Pinker, obtenidas en el laboratorio de Biotecnología de cultivos de tejidos *in vitro* perteneciente a la Facultad de Ciencias Agrícolas y Forestales de la U.A.J.M.S.

### 3.3.2.1 Variedad Desirée (Urgenta x Despeche)

- **Característica de la planta**

- Ciclo vegetativo de 90 – 120 días.
- Resistencia media a Tizón tardío (*Phytophthora infestans*).
- Planta vigorosa que alcanza entre los 50-60 cm de longitud.
- Flor violeta.
- Follaje de desarrollo rápido.
- Madurez temprana.
- Rendimiento elevado.

- **Características del Tubérculo**

- Tubérculo ovalado-largo.
- Piel lisa y color brillante.
- Pulpa color crema.
- Buena para hervir y para freír.

### 3.3.2.2 Variedad Pafrita (Perla x Desirée)

- **Características de la planta**

- Ciclo vegetativo semitardío de 130 días.
- Resistente al Tizón (*Phytophthora infestans*).
- Flor blanca con jaspes violetas.
- Grado de floración moderada.
- Dormancia mediana de verdeamiento rápido.
- Buena adaptación a días cortos.
- Habito de crecimiento decumbente.
- Tallo color verde.

- Grado de floración moderada.

- **Característica del tubérculo**

- Forma ovalada (oblongo).
- Piel del tubérculo rosada.
- Color secundario, piel crema.
- Pulpa de color crema.
- Sabor regular.
- Dormancia mediana.
- verdeamiento rápido.
- Apta para procesamiento.
- Buena para bastones.
- Profundidad ojos superficiales.

### 3.3.2.4 Variedad Pinker (*Solanum fendieri* x Desirée)

- **Características de la planta**

- Ciclo semiprecoz de 130 días.
- Resistente al Tizón Tardío (*Phytophthora infestans*).
- Habito de crecimiento decumbente.
- Flor blanca con jaspes violetas.
- Buena adaptación a días cortos.

- **Características del tubérculo**

- Forma ovalada (oblongo).
- Color primario de la piel rosado.
- Color secundario de la piel crema.
- Pulpa de color crema.

- Profundidad de ojos superficiales.
- Dormancia mediana, verdeamiento moderado.
- Apta para procesamiento.
- Sabor regular.

### 3.4 Metodología

#### 3.4.1 Diseño Experimental

En este trabajo de investigación se realizó un Diseño Completamente Aleatorizado con tres tratamientos y cuatro repeticiones, haciendo un total de 12 unidades experimentales. Cada unidad experimental cuenta con una dimensión 1 m. de largo por 1 m. de ancho ocupando una superficie de 1 m<sup>2</sup>. por unidad individual con un área neta de 12 m<sup>2</sup>. más pasillos de 0.5 m. siendo una superficie total del diseño experimental de 16 m<sup>2</sup>.

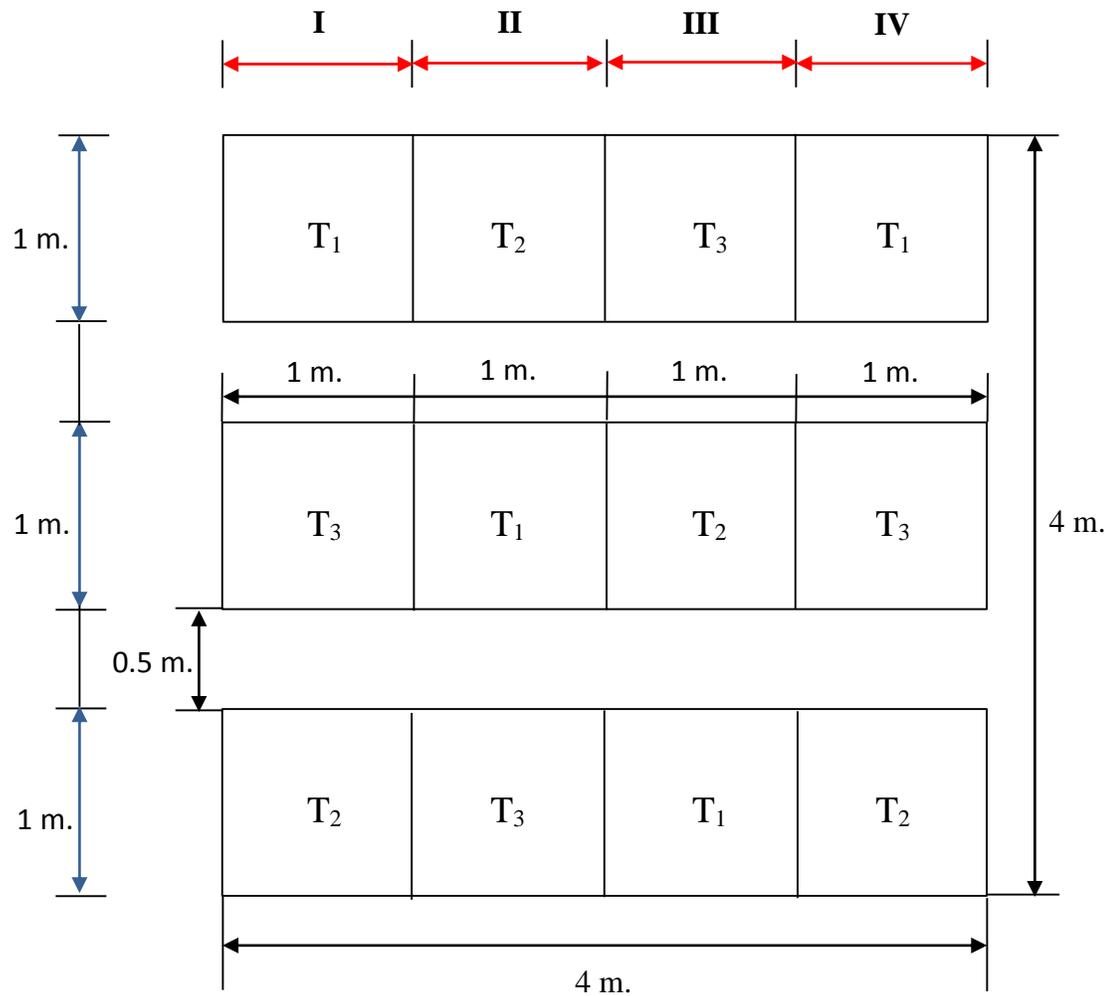
##### • Tratamientos

Se efectuó el estudio del rendimiento de tres tratamientos con diferentes variedades de papa. El número de plántulas *in vitro* utilizado por tratamiento en cada unidad experimental fue de la siguiente forma:  $T_1 = 74$ ,  $T_2 = 74$ ,  $T_3 = 74$ .

La disposición espacial (densidad) para todos los tratamientos fue entre plantas 0.10 y entre surcos 0.12 m., en la cual se ocupó 74 vitroplántas por unidad individual, 222 en cada repetición y un total de 888 plántulas *in vitro* en todo el diseño experimental siendo el área total de cosecha de 10.30 m<sup>2</sup>. en todo el ensayo de campo (Anexo7).

- $T_1$  = Variedad Desirée
- $T_2$  = Variedad Pinker.
- $T_3$  = Variedad Pafrita.

- **Diseño del trabajo de investigación (D.C.A.)**



### 3.4.2 Establecimiento del ensayo

- **Armado de las camas:** Para contener el sustrato utilizado en el ensayo, el 19 de septiembre se armaron las camas de tuberización formadas por marcos de madera de 4 m. de largo y 1 m. de ancho, sostenidos con clavos de 3 pulg., alambre y grapas galvanizadas, para su posterior traslado al invernadero (Anexo 3).
- **Preparación del sustrato:** El sustrato que se utilizó para la producción de semilla

prebásica estuvo basado en una mezcla de turba tierra vegetal y cascarilla de arroz a una relación de 1:1:1, a esto se le agrego abono bokashi esterilizado, para así mejorar las propiedades físico-químicas de dicha combinación.

- **Desinfección del sustrato:** Para disminuir e eliminar la población de patógenos y plagas que afecten al cultivo, el 28 de septiembre del 2017 se procedió a esterilizar el sustrato y abono bokashi a 93°C y 2 atmosferas de presión por 35 min. /m<sup>3</sup>., utilizando el caldero a vapor del C.E.CH. (Anexo 4 y 5).

Este esterilizador funciona con dos garrafas de gas y accionado electrónico, haciendo vaporizar el agua y separando el vapor seco, mismo que fluye hacia los contenedores a temperaturas de 200°C. Cada contenedor tiene una capacidad de llenado hasta 1m<sup>3</sup>. (16 carretillas) de material a desinfectar. Posteriormente el sustrato y bokashi esterilizado es trasladado a la estructura con cubierta antiáfidos para reposar por cinco días hasta que no exista calor en él.

- **Preparación de las camas:** El 2 de octubre se efectuó el preparado de las camas en el invernadero, para esto se utilizó; graba, malla milimétrica plástica de color verde y la mezcla de sustrato con bokashi a una relación de 1:1.

Primeramente, se dispersó tres carretillas de graba hasta cubrir 0.04 m. de alto desde el piso formando una base de la cama que ayude a la filtración del agua, luego se extendió encima de la graba la malla milimétrica ocupando los 4m<sup>2</sup>. del marco de tuberización, posteriormente se depositó 6 carretillas de sustrato formando una capa de 0.12 m. de alto, encima de la malla milimétrica. Seguidamente se humedeció el sustrato extendido utilizando una manguera para tener listas las camas para el trasplante (Anexo 6).

- **Trasplante:** El 4 de octubre del 2017, se demarcaron los tratamientos con un marcador en las respectivas camas según el croquis de ubicación.

También se marcaron las distancias entre surcos y luego las distancias entre plantas utilizando reglones señalados con las mismas distancias de plantación en todos los tratamientos, con un punzón de madera se realizaron los orificios en el sustrato dejando listo para el trasplante (Anexo 7).

Posteriormente se procedió al trasplante de las plántulas *in vitro*, previamente sabiendo el contenido de nutrientes en el sustrato, por tal razón se efectuó un análisis del sustrato, el cual, muestra contenidos elevados de N, P, K y un pH de 6.8 (Anexo 20), indicando que el suelo no necesita una fertilización antes del trasplante, esto se puede atribuir a la adición del abono bokashi al sustrato.

En el momento del trasplante se tomaron las vitroplántas de los frascos que las contenían limpiando cuidadosamente el medio del cultivo, sin lastimar las raicillas se impregno con STIM-ROOT para estimular al crecimiento radicular. Luego se plantó en los orificios preparados anteriormente en el sustrato a una densidad de 74 plantas/m<sup>2</sup>.

Luego se realizó una aplicación fungicida preventiva al suelo alrededor de cada planta formando pequeños tazones que puedan retener la solución fúngica del Superfolpan (Folpet 80%) a razón de 30 g./10 l.

Una vez hecha la plantación se procedió a tapar las camas con malla semisombra para evitar el stress por la radiación solar que se podría producir debido al cambio de cultivo *in vitro* a *ex vitro* durante los primeros 15 días de aclimatación.

### **3.4.3 Manejo del ensayo**

El manejo del ensayo corresponde a las labores culturales que se efectuaron en el transcurso del ciclo del cultivo: riego, aporque, fertilización, aplicación fitosanitaria y otras.

- **Riego:** Para cubrir el requerimiento hídrico del cultivo se procedió a efectuar riegos complementarios de manera convencional, utilizando una manguera mojando el sustrato hasta llegar a capacidad de campo, en un estimado de 20 litros/min. en 15 minutos/cama.
- **Aporque:** Para ayudar a mantener la humedad en el área de las raíces y proporcionar anclaje a las plantas, durante el desarrollo del cultivo se efectuó un solo aporque a los 25 días después del trasplante, que se basa en la adición del sustrato esterilizado utilizando un envase descartable de 2 litros partido por la mitad para dicha labor (Anexo 9).
- **Fertilización:** A los 30 días después del trasplante, se realizó una aplicación foliar a modo de corregir deficiencias con Nitrofoska Foliar Arranque a razón de 25g./10 litros utilizando una mochila pulverizadora. También se realizó la aplicación de los bioestimulantes Megaroot (30 ml. /10 litros) y Nutrimax Plus (25 ml. /5 litros) cada 7 días, esto para promover el crecimiento y maduración del cultivo.
- **Control fitosanitario:** Se realizaron 9 aplicaciones fitosanitarias para evitar que los insectos y enfermedades afecten el desarrollo del cultivo, para ello se ocupó una mochila asperjadora con capacidad de 20 litros; además de los siguientes agroquímicos: Coraza (Cymoxanil + Mancozeb) fungicida preventivo y curativo 25g./5litros, Ridomil Gold MZ 68 WP (Mancozeb + Metalaxil) 50g./5 litros, Mancolaxil 72 WP (Mancozeb + Metalaxil) fungicida de sistémico y de contacto 50g./5 litros, Akinon (Lambdacialotrina) insecticida de contacto e ingestión 5 ml./5 litros, Spartaco 500 PS (Cartap) insecticida que actúa por ingestión y contacto con efecto de penetración y translocación 10 g./5 litros (Anexo 8).

Las mezclas se prepararon con dos productos (insecticida y fungicida al mismo tiempo) según las dosis pre-escritas en la etiqueta e intercalando los productos para no crear resistencias, aplicando por primera vez a los 10 días después del trasplante.

- **Defoliación:** La defoliación se realizó a los 100 días (6 de enero del 2018) después del trasplante, cuando los tubérculos alcanzaron los tamaños deseados, se procedió al arranque manual del follaje utilizando una tijera de podar, dejando los residuos extendidos en forma de manto en las camas para que los tubérculos no se expongan a la radiación solar (Anexo 13).

### 3.4.4 Cosecha

La cosecha y evaluación del producto se hizo a los 123 días (30 de enero del 2018) después del trasplante, en tal fecha los tubérculos se encontraban en su madurez comercial; la extracción de los tubérculos se efectuó con un zapin de jardinería (cosecha manual), empezando por las plantas muestreadas y luego toda la unidad experimental, También fueron registrados el número de tubérculos y los pesos por planta con una balanza de precisión (Anexo 14,15 y 16).

### 3.4.5 Selección

La selección de los tubérculos se la efectuó según la clasificación preestablecidas por la Unidad de Producción de Semilla de Papa (SEPA); diámetros mayores a 40 mm. corresponden al calibre I, 30 – 40 mm. calibre II, 20 – 30 mm. calibre III, 12 – 20 mm. calibre IV, 10 a 12 mm. calibre V, menor a 10 mm. calibre VI.

TAMAÑO TUBÉRCULO	CALIBRE (mm.)
I	>40
II	30-40
III	20-30
IV	12-20
V	<12
VI	Menudo

### 3.4.6 Variables analizadas

Tomando en cuenta los objetivos específicos en trabajo de investigación, se midieron las variables relacionadas con la fenología, características agronómicas y rendimientos.

#### 3.4.6.1 Fases fenológicas

- **Porcentaje de supervivencia:** Para determinar el porcentaje de supervivencia se evaluó desde el momento del trasplante. Para ello se procedió a contar el número de plantas vivas por unidad experimental, el conteo se lo efectuó en tres ocasiones a los 10 días (14 de octubre), 20 días (24 de octubre) y 80 días (24 de diciembre).
- **Días a la floración:** Para determinar los días a la floración se evaluó desde el momento en que el cultivo inicio la etapa de floración, en cada unidad experimental se controló tres veces cada 10 días.
- **Días a la cosecha:** Se controló los días desde el trasplante hasta la cosecha por cada tratamiento. En esta variable se tomó como parámetro la madurez comercial, que fue determinada al comprobar que no existe desprendimiento de la epidermis al frotar el tubérculo con los dedos, de acuerdo a lo indicado se procedió a cosechar a los 123 días después del trasplante, procediendo de manera simultánea.

#### 3.4.6.2 Características agronómicas

- **Altura de la planta:** Para esta variable se seleccionó diez plantas al azar por unidad experimental realizando la medición con un flexómetro desde el lomo del surco (cuellos de la raíz del tallo principal) hasta la parte basal de la primera hoja (ápice del tallo) desde el momento que culmino a etapa de floración.
- **Peso de los tubérculos por planta:** Esta variable se realizó pesando los tubérculos

de diez plantas seleccionadas al azar por cada unidad experimental; se utilizó una balanza de precisión promediando los resultados por cada tratamiento (Anexo 17).

- **Número de tubérculos por planta:** Para determinar el número de tubérculos por planta se seleccionó diez plantas al azar en cada unidad experimental, de las cuales se procedió a contar el número de tubérculos por cada planta, luego se sacó un promedio de todas las plantas seleccionadas.
- **Color y forma del tubérculo:** Para la variable forma y color se evaluaron 10 tubérculos por tratamiento donde se determinó usando una tabla de comparaciones RHS (Sociedad Hortícola Real de Inglaterra) de acuerdo a los descriptores del mundo (Huamán, 2008) (Anexo 2 y 19).
- **Número de tubérculos por calibre:** Para definir el número de tubérculos por calibre se seleccionó 10 plantas al azar de cada unidad experimental, la medición se la realizó con un Vernier tomando dos medidas del diámetro ecuatorial en cada tubérculo por planta (Anexo 18).
- **Rendimiento:** Para determinar el rendimiento de los tratamientos se pesaron todos los tubérculos obtenidos por unidad experimental; de tal forma, los rendimientos obtenidos se expresaron en kg. /m<sup>2</sup>.

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. Características fenológicas

Para definir la característica o fases fenológicas del cultivo de papa, se efectuó el seguimiento del ensayo de campo desde el inicio del trasplante hasta el momento de la realización de la cosecha.

#### 4.1.1 Porcentaje de supervivencia

Para el porcentaje de supervivencia de las plántulas, se evaluó desde los 10 días a los 80 días que corresponde a los meses de octubre y diciembre, donde se observó el porcentaje de cada uno de los tratamientos, siendo el más elevado el T<sub>3</sub> (*var.* Pafrita) con 74%, seguido por el T<sub>2</sub> (*var.* Pinker), con un prendimiento del 70% y por último el T<sub>1</sub> (*var.* Desirée) que llega a un porcentaje de supervivencia del 34% (Cuadro 1).

Cuadro N° 1. Días a la emergencia (expresado en porcentajes) de las tres variedades de papa a estudio.

Tratamiento	% Días a la supervivencia		
	Día 14	Día 24	Día 80
T <sub>1</sub>	32	31	34
T <sub>2</sub>	68	70	70
T <sub>3</sub>	67	68	74

Según Hurtado (1994), las vitroplántas deben tener de dos a tres nudos y un sistema radicular desarrollado para poder ser trasplantados en sustratos, Hartman (1997), indica que en la aclimatación la planta puede estar enraizada o no, para luego volverse autótrofa tienen que desarrollar órganos funcionales y aumentar las resistencias.

De acuerdo con Hurtado (1994), el proceso de prendimiento de las plántulas depende de ciertos factores importantes que engloba la buena funcionalidad fenotípica de estas, como requisito para ser trasplantadas, los resultados expuestos en el cuadro 1 posiblemente se deban a que las plántulas *in vitro* de papa no tuvieron un buen desarrollo en el laboratorio y buenos caracteres fenotípicos; altura, diámetro y buen enraizamiento.

#### 4.1.2 Número de tallos por planta

En el cuadro 2, se observa el número de tallos obtenidos de cada variedad de papa, experimentadas en el ensayo. Donde el tratamiento T<sub>3</sub> obtuvo un promedio de 4 tallos, siguiéndole el T<sub>2</sub> con 3.65 y el T<sub>1</sub> con 2.83 tallos por planta.

Cuadro N° 2. Número promedio de tallos por planta.

Tratamiento	Número de tallos/planta
T <sub>1</sub>	2.83
T <sub>2</sub>	3.65
T <sub>3</sub>	4.00

Zamora *et al.* (2008), citados por Jerez y Roberqui (2012), indican que el número de tallos llega a los valores promedio entre 3.5 y 4.3 por planta. Sin embargo, Alipso (2006), menciona que cada planta en el cultivo de papa produce normalmente de dos a cuatro tallos. Lo que concuerda con los resultados observados en el ensayo de campo en esta etapa.

#### 4.1.3 Días a la floración

Para esta variable, se observó cada 10 días, con los siguientes resultados; la *var.* Pinker

(T<sub>2</sub>) inició la floración a los 57 días y culminó a los 77 días, mientras que en los demás tratamientos no se detectó ninguna floración sino hasta los 67 días al trasplante.

Cuadro N° 3. Porcentaje de plantas en floración, entre los 57 a 77 días al trasplante.

Tratamientos	Días a la Floración (%)		
	Día 57	Día 67	Día 77
T <sub>1</sub>	0	2.75	3.25
T <sub>2</sub>	2.25	2.50	3.00
T <sub>3</sub>	0	1.75	2.50

Como se observa en el cuadro 3, las floraciones de las variedades estudiadas no fueron significativas, las flores blancas con jaspes violetas de la *var.* Pinker apareció a los 57 días desde la aclimatación de las vitroplántas. En las variedades Desirée y Pafrita aparecieron después de una semana, es decir, a los 67 días después del trasplante, se notó una floración muy escasa encada unidad experimental.

Sin embargo, para la producción de tubérculos de papa una floración de la planta solo es tomado en cuenta como parámetro de inicio a la tuberización de los tubérculos, sin influir en ningún otro aspecto.

#### 4.1.4 Días a la cosecha

La cosecha se realizó a los 123 días al trasplante ya que los tratamientos alcanzaron su madurez comercial en el mes de enero del 2018; por tal motivo, el 30 de enero se llevó a cabo la cosecha del ensayo en curso. Lo que concorde con Montes (1990), al indicar que esta labor se realiza cuando la epidermis está totalmente adheridas al cuerpo del tubérculo.

## 4.2 Características Agronómicas

### 4.2.1 Altura de la planta

Esta variable se controló en el momento que culminó la etapa de Floración del cultivo, como se observa en el cuadro 4, la variedad que presento una altura más elevada fue del T<sub>2</sub> con 93.57 cm., seguido por el T<sub>1</sub> con un promedio de 90.22 cm. y por último el T<sub>3</sub> con 89.37 cm. siendo el más inferior en comparación de los demás tratamientos. Al respecto Antezana (2001), señala que el exceso de humedad y la disponibilidad de nutrientes en el sustrato pueden influir en el desarrollo y crecimiento de las plantas.

Cuadro N° 4. Altura promedio de la planta, en la etapa final de floración (80 días).

<b>Tratamiento</b>	<b>Altura (cm.)</b>
T <sub>1</sub>	90.22
T <sub>2</sub>	93.57
T <sub>3</sub>	89.37

De acuerdo con Narro (1994), el mismo que indica en una investigación del porcentaje de retención de humedad. Llego a la conclusión que un sustrato que contenga cascarilla de arroz tiene un menor porcentaje de retención de humedad y mejor porosidad, por ello facilitó la mayor altura y la mejor absorción de nutrientes.

### 4.2.2 Peso de los tubérculos por planta

Se procedió a pesar los tubérculos por planta utilizando una balanza electrónica eligiendo 10 plantas al azar y promediando una media por tratamiento, los resultados revelan que el T<sub>1</sub> obtuvo un peso de 175.56 g. por planta, seguido por el T<sub>2</sub> con un peso de 155.03 g. y por último el T<sub>3</sub> con un peso de 134.05 g.

En el Cuadro 5, se puede observar que no existen diferencias significativas, La variedad Desirée tiene un mayor peso de tubérculos por planta, debido a que los tubérculos son más grandes comparados con los demás tratamientos.

Cuadro N°5. Peso (g.) promedio y numero de tubérculos por planta.

Tratamientos	Peso del tubérculo (g.)	Nº de tubérculos
T1	175.56	21
T2	155.03	18
T3	134.05	20

#### 4.2.3 Número de tubérculos por planta

Para el número de tubérculos por planta entre tratamientos Cuadro 5, se observa que el mayor fue la variedad del T<sub>1</sub> con un promedio de 21 tubérculos por planta, seguido por el tratamiento T<sub>3</sub> con un número de 20 papas por planta, posteriormente el T<sub>2</sub> logrando el menor número siendo un promedio de 18, al respecto Coca (2000), señala que en promedio se encuentran 16 -30 tubérculos por planta, tomando como parámetro esta observación los promedios del ensayo concuerda con lo mencionado por el autor.

#### 4.2.4 Color y forma del tubérculo

Para esta variable se procedió de acuerdo a los descriptores morfológicos de las variedades de papa en el mundo, de la cual se determina por comparación a una tabla de colores. Donde se indican los códigos de los colores equivalentes de la carta de colores del RHS que combina los colores básicos desde 1 (blanco) hasta morado violeta (9) y su intensidad (1 = claro, 2= intermedio, y 3= oscuro). Hessayon (1999), menciona que existen diferentes formas, tamaños, color y textura del tubérculo, la piel puede ser rojiza, amarillenta o blanquecina, las pulpas pueden ser de colores crema o amarillenta, las texturas van desde harinosa o semejante a la cera y las

formas pueden ser redondas, ovaladas o arriñonadas.

Cisneros y Herrera (1987), explica que el tamaño de los tubérculos y las distancias son factores muy importantes que están directamente relacionados con la producción de papa.

Cuadro N° 6, Principales características, del tubérculo, de tres variedades de papa.

<b>Variedad</b>	<b>Forma</b>	<b>Color de la piel</b>
Desirée	Ovalada largo	Rojo intermedio
Pinker	Ovalado	Rosado oscuro
Pafrita	Ovalado	Marrón claro

De acuerdo a los indicadores sobre el color y forma (Anexo 2), propuestos por Huamán (2008), para cada variedad de papa; se puede apreciar (Cuadro 6) que la variedad Desirée presenta una forma ovalado largo con un color rojo e intensidad intermedia, así mismo, se observa que entre la variedad Pinker y Desirée presentan similitudes en la forma del tubérculo, sin embargo, ambas difieren en color de la piel.

#### **4.2.5 Número de tubérculos por calibre**

En esta variable se procedió a tomar las medidas con la herramienta Vernier el diámetro ecuatorial de cada tubérculo producido por planta y seleccionando por calibres expresado por unidad experimental de 1m<sup>2</sup>.

##### **4.2.5.1 Número de tubérculos calibre I**

En el cuadro 7, se puede evidenciar que para la categoría I de semillas prebásica, la variedad (T<sub>1</sub>) produjo 13 tubérculos, seguido por el T<sub>2</sub> produciendo 17 tubérculos y por ultimo la variedad T<sub>3</sub> que no produjo tubérculos en esta categoría.

Cuadro N°7. Promedio de tubérculos producidos calibre I por tratamiento.

<b>Tratamiento</b>	<b>Promedio (tubérculos)</b>
<b>T<sub>1</sub></b>	13
<b>T<sub>2</sub></b>	17
<b>T<sub>3</sub></b>	0

Al respecto, Duran (2000), encontró resultados de 13 tubérculos en la variedad Alpha para la a una densidad de plantación de 38 vitro plantas en un metro cuadrados, en lo cual recomienda una mayor densidad para la producción de tubérculos en mayor número.

#### **4.2.5.2 Número de tubérculos calibre II**

En el cuadro 8, se muestra los promedios de tubérculos calibre II para los tratamientos experimentados, donde el T<sub>3</sub> siendo el más superior que produjo 154 tubérculos a diferencia del T<sub>1</sub> y T<sub>2</sub> que registraron una producción de 146 y 129 respectivamente.

Cuadro N° 8. Promedio de tubérculos producidos de calibre II por tratamiento.

<b>Tratamiento</b>	<b>Promedio (tubérculos)</b>
<b>T<sub>1</sub></b>	146
<b>T<sub>2</sub></b>	129
<b>T<sub>3</sub></b>	154

Por su parte Mamani (2011) obtuvo una media general de 123 tubérculos calibre II, rendimiento relativamente bajo comparado con los producidos en el ensayo cuadro 8.

#### 4.2.5.3 Número de tubérculos calibre III

El cuadro 9, muestra el promedio por unidad experimental del número de tubérculos en calibre III, donde se puede apreciar que el T<sub>3</sub> ocupa el primer lugar con 1243 seguido del T<sub>2</sub> que produjo 1380 tubérculos y por último el T<sub>1</sub> que lleva un número de 1002 tubérculos.

Cuadro N° 9. Promedio de tubérculos producidos de calibre III por tratamiento.

<b>Tratamiento</b>	<b>Promedio (tubérculos)</b>
<b>T<sub>1</sub></b>	1002
<b>T<sub>2</sub></b>	1380
<b>T<sub>3</sub></b>	1243

INIAF (2013), reporta una producción de 881.5 tubérculos por m<sup>2</sup>., resultado que se encuentra por debajo de la producción en el invernadero del C.E.CH.

#### 4.2.5.4 Número de tubérculos calibre IV

Al observar 10, se puede ver que el número de tubérculos de semilla prebásica en el calibre IV ocupa el primer lugar el T<sub>3</sub> con 1350, el segundo lugar lo obtuvo el T<sub>1</sub> con 1165 y en tercer lugar se encuentra el T<sub>2</sub> que llega a una producción de 1127 mini tubérculos por unidad experimental.

Cuadro N° 10. Promedio de tubérculos producidos de calibre IV por tratamiento.

<b>Tratamiento</b>	<b>Promedio (tubérculos)</b>
<b>T<sub>1</sub></b>	1165
<b>T<sub>2</sub></b>	1127
<b>T<sub>3</sub></b>	1350

Mamani (2011) reporta una numero de 740 a 1609 tubérculos a una densidad de 74 plantas en un m<sup>2</sup>., resultados que se encuentran dentro del rango de producción en el ensayo.

#### 4.2.5.5 Número de tubérculos calibre V

La producción de tubérculos en el calibre V se muestran el en Cuadro 11, evidenciando a T<sub>1</sub> con la producción más numerosa de 215 semillas prebásicas, seguido de la variedad del T<sub>3</sub> que llego a un promedio de 168 y por último está el T<sub>2</sub> produciendo hasta 146 mini tubérculos.

Cuadro N° 11. Promedio de tubérculos producidos de calibre V por tratamiento.

<b>Tratamiento</b>	<b>Promedio (tubérculos)</b>
<b>T<sub>1</sub></b>	215
<b>T<sub>2</sub></b>	146
<b>T<sub>3</sub></b>	168

Al respecto Mamani (2011) encontró resultados en el número de tubérculos en el calibre V en diferentes variedades de papa que van desde: 148, 185, 222 y 518 respectivamente, a una misma densidad que la del ensayo realizado en el Centro Experimental de Chocloca.

Así mismo, menciona que algunas variedades por su genotipo tienden a producir un mayor número de tubérculos por tallo; en algunos casos se debe a una mayor cantidad de estolones y tubérculos emitidos por los tallos, a los estolones, a la distribución más profunda de los tubérculos, etc. También menciona que estos resultados pueden variar dependiendo al sistema de producción, ya que este influye en la expresión de la *var.*

#### 4.2.5.6 Número de tubérculos calibre VI

El calibre VI corresponde a los tubérculos más menudos con diámetros menores a 10 mm., el cuadro 12, registra a la variedad Pafrita (T<sub>3</sub>) con una producción de 383 número que supera a la variedad Desirée (T<sub>1</sub>) y *var.* Pinker (T<sub>2</sub>) con producciones de 202 y 163 respectivamente.

Cuadro N° 12. Promedio de tubérculos producidos de calibre VI por tratamiento.

<b>Tratamiento</b>	<b>Promedio (tubérculos)</b>
<b>T<sub>1</sub></b>	202
<b>T<sub>2</sub></b>	163
<b>T<sub>3</sub></b>	384

### 4.3 Labores culturales

#### 4.3.1 Control de plagas

Para evitar que las plagas entren a las instalaciones y prevenir de las mimos durante el ensayo de campo Cuadro 13, se realizaron el control de insectos perjudiciales al cultivo, empleando los insecticidas Akinon que contiene 250 gramos de lambdacialotrina por litro siendo un piretroide de doble acción y amplio espectro, la dosis fue 5 ml. para 10 litros de agua.

También se utilizó Spartaco 500 PS que contiene Cartap siendo un Tiocarbamato de doble acción con capacidad translaminar, la dosis utilizada fue 5 gramos en 5 litros.

Cuadro N°13. Insecticidas utilizados en el ensayo.

<b>Insecticida</b>	<b>Plagas</b>	<b>Dosis/20 Lt.</b>
Akinon (Lambdacialotrina)	Gusano cogollero ( <i>Spodoptera sp.</i> )	20 g.
Spartaco 500 PS (Cartap)	Polilla de la papa ( <i>Symmetrischema sp.</i> )	40 g.
	Mosca minadora ( <i>Liriomyza huidobrensis</i> )	80 g.

Cabe mencionar que Akinon es un insecticida muy potente y puede perjudicar al cultivo aun en las más bajas dosis, por tal razón solo se utilizó en una ocasión para luego continuar protegiendo el invernadero con Spartaco.

#### 4.3.2 Control de enfermedades

Para las enfermedades más conocidas y frecuentes en el cultivo de la papa, se aplicaron de forma preventiva fungicidas para el Tizón tardío (*Phytophthora infestans*), siendo este hongo el principal problema fitosanitario del cultivo de papa.

Cuadro N° 14. Principales enfermedades en el ensayo.

<b>Fungicida</b>	<b>Enfermedad</b>	<b>Dosis g./20 Lt</b>
Ridomild Gold MZ 68 WP (Mancozeb + Metalaxil)	Tizón Tardío ( <i>Phytophthora infestans</i> )	250 g.
Mancolaxil (Mancozeb + Metalaxil)	Tizón Tardío ( <i>Phytophthora infestans</i> )	200 g.
Coraza (Cymoxanil + Mancozeb)	Tizón Tardío ( <i>Phytophthora infestans</i> )	100 g.

En ese sentido, se utilizó Ridomild Gold MZ 68 WP (Mancozeb + Metalaxil) siendo un fungicida de doble acción preventiva y curativa, la dosis utilizada fue 100 g. en 10 litros. También se ocupó el fungicida Mancolaxil (Mancozeb + Metalaxil) con una dosis de 25 g. en 5 litros y por último se usó soluciones de Coraza (Cymoxamil + Mancozeb) en dosis de 25 g. en 5 litros, este fungicida es de doble acción en el cual ambos ingredientes activos producen una sinergia haciéndolo eficaz contra el tizón tardío.

Se a utilizado Ridomild Gold MZ 68 WP al inicio, luego se a continuado con Mancolaxil que tiene los mismos ingredientes activos.

### **4.3.3 Riego**

Con el afán de cubrir los requerimientos del cultivo, se efectuaron riegos complementarios en todo el desarrollo de la planta, estos riegos fueron realizados conforme a las necesidades del cultivo. Al respecto INIA (2015), menciona que los riegos en el cultivo de papa en suelos de texturas porosas requieren riegos más frecuentes que en los de textura más fina, puesto que la necesidad de agua va depender por un lado del estado de desarrollo del cultivo y de las condiciones propias del clima.

## **4.4 Rendimiento**

### **4.4.1 Rendimiento total**

Los datos recolectados del ensayo sobre el rendimiento del cultivo de papa en tres variedades (Desirée, Pinker y Pafrita) en el Centro Experimental de Chocloca (Cuadro 15) corresponden a los promedios por unidad experimental de 1 m<sup>2</sup>. con un área cosechable equivalente a 0.86 m<sup>2</sup>.; por lo tanto, sin considerar el análisis estadístico, se puede apreciar que la media del T<sub>1</sub> ocupa el primer lugar con rendimientos de 3.02 kg., siguiéndole el T<sub>2</sub> con 2.67 kg. y en último lugar se encuentra el T<sub>3</sub> con rendimientos de 2.30 kg., de hecho, es clara la diferencia que existe entre los distintos tratamientos con los resultados obtenidos.

Al respecto SEPA (2015), menciona que los resultados del rendimiento en la producción de semilla prebásica de papa bajo un sistema convencional, llegan a promedios desde 2.80 kg. a 4.34 kg. en un metro cuadrado. Por lo tanto, los resultados alcanzados en las distintas variedades experimentadas en el ensayo, se encuentran dentro del rango de los rendimientos mencionados por SEPA.

Cuadro N° 15. Rendimiento promedio por unidad experimental (expresado en kg.)

Tratamiento	Repeticiones				Total	Media
	I	II	III	IV		
Desirée T <sub>1</sub>	4.02	2.95	2.33	2.78	12.08	3.02
Pinker T <sub>2</sub>	3.26	3.27	2.51	1.63	10.67	2.67
Pafrita T <sub>3</sub>	2.51	1.93	2.23	2.54	6.98	2.30

Al analizar el Cuadro 16 de la variable rendimiento semilla prebásica de papa. Se observa que, la F calculada (F.C.) es menor que la F tabulada (F.T.), el cual nos indica que no hay diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos.

Cuadro N°16. Análisis de varianza del rendimiento de semilla prebásica de papa.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	Probabilidad	F.T.
Tratamientos	2	1.02972	0.51486	1.288	0.32214	4.25649
Error	9	3.59735	0.39971			
Total	11	4.62707				

C.V.= 15.03 %

Así mismo, al ver el valor P (probabilidad) se puede apreciar que es mayor que el valor alfa de significancia (0.05), entonces nos dice que todas las medias son iguales no

habiendo diferencias significativas, con un coeficiente de variación (C.V.) equivalente a 15.03% porcentaje que confiere una aceptable confiabilidad en la validez de estos resultados.

### **Prueba de rango múltiple de Duncan al 1% y 5%**

Tratamiento	Medias	Niveles de significancia	
		5%	1%
Tratamiento 3 (T <sub>3</sub> )	2.30	a	a
Tratamiento 2 (T <sub>2</sub> )	2.67	a	a
Tratamiento 1 (T <sub>1</sub> )	3.02	a	a

*Nota: Medias con letras iguales no difieren significativamente*

Realizando la prueba de Rango Múltiple de Duncan a nivel del 5% y 1% demuestra que el tratamiento 3 no difiere estadísticamente del tratamiento 2 y 1 al 5% y 1%.

## V. CONCLUSIONES

- Durante las fases fenológicas del cultivo se determinó, que las variedades experimentadas si influyen el porcentaje de prendimiento de las plántulas *in vitro*, donde, el tratamiento que tuvo un porcentaje de supervivencia más elevado a los 57 días al trasplante fue, el T<sub>3</sub> con 74%, seguidos de los; T<sub>2</sub> (70%), T<sub>1</sub> (34%). Respecto a la floración la variedad que primero entro a esta fase fue del T<sub>2</sub> a los 57 días después del trasplante, mientras que para el resto de los tratamientos se vio la floración a los 67 días siendo el T<sub>1</sub> que alcanzo el porcentaje de 2.75% seguido del T<sub>2</sub> (2.50%) y T<sub>3</sub> (1.75%). Así mismo. El porcentaje más elevado el cual fue alcanzado por el T<sub>1</sub> (3.25%) a los 77 días, seguido por el T<sub>2</sub> (3.00%) y el T<sub>3</sub> (2.50%).
- El mayor número de tubérculos se obtuvo a través del tratamiento T<sub>1</sub> siendo el promedio de 21 tubérculos por planta, por el contrario, el T<sub>3</sub> obtuvo 20 tubérculos seguido del T<sub>2</sub> con un número de 18 tubérculos de semilla prebásica.
- En cuanto a la producción de número de tubérculos por calibres, el tratamiento que obtuvo un mayor número en el calibre III fue la *var.* Pinker que produjo 1380 tubérculos por m<sup>2</sup>. seguido por los T<sub>3</sub> con 1245 y T<sub>1</sub> con un número de 1002, para el calibre IV el tratamiento que tuvo mayor número fue la *var.* Pafrita con 1350 tubérculos seguidos por el T<sub>2</sub> que produjo 1127 y el T<sub>1</sub> con 1165. En el calibre V la variedad Desirée obtuvo 215 tubérculos seguido por el T<sub>3</sub> con 168 y T<sub>2</sub> con 146.
- El rendimiento total en la producción de semilla pre básica de papa en las distintas variedades, se mostró un mayor rendimiento promedio por unidad experimental, en la *var.* Desirée (T<sub>1</sub>) con un rendimiento que haciende a 3.02 kg. en relación a los demás tratamientos que fueron; T<sub>2</sub> 2.67 kg. y el T<sub>3</sub> con 2.30 kg.
- Se determinó que no existen diferencia significativa en el peso de tubérculos por m<sup>2</sup>. por lo tanto, se puede utilizar indistintamente considerando que los resultados son relativamente iguales.

- Finalmente, es oportuno puntualizar que los atributos principales de la de los tubérculos de papa (color de la piel, forma y otros) son considerados para poder diferenciar una variedad de la otra.

## VI. RECOMENDACIONES

Con las conclusiones obtenidas se llegan a las siguientes recomendaciones, en base a la experiencia y resultados en el trabajo de investigación.

- Se recomienda utilizar la variedad Pinker para la producción semilla prebásica en el calibre III.
- Utilizar la variedad Pafrita para la producción de tubérculos de semilla prebásica en calibre IV.
- Para producir tubérculos de calibre V se sugiere ocupar la variedad Desirée.
- Se aconseja producir tubérculos de semilla prebásica en los calibres III, IV y V, ya que existe una mayor preferencia en cuanto demanda en el mercado local, interior y exterior, de estas clasificaciones.
- Para la obtención de un mejor rendimiento total se recomienda utilizar la variedad Desirée.
- Se recomienda realizar más experimentos con la variedad Pafrita en el departamento de Tarija, puesto que se demostró que existe cierta resistencia a las inclemencias del clima como resultado de su supervivencia.